


**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
Факультет транспорту і будівництва
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті**

**ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної кваліфікаційної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня магістр**

галузі знань 27 – «Транспорт»
спеціальності 273 Залізничний транспорт/ Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті

на тему: «Дослідження інтервального регулювання руху поїздів при зростанні швидкості в транспортних коридорах»

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІБЗТ-223м
Філатов А.В.




(підпис)

Керівник: доц. Сорока С.І.



(підпис)

Завідувач кафедри: проф. Чернецька-Білецька Н.Б.



(підпис)

ЗМІСТ

	ВСТУП.....	3
1.	СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ВІТЧИЗНЯНОГО І ЗАРУБІЖНОГО ДОСВІДУ ОРГАНІЗАЦІЇ ШВИДКІСНОГО РУХУ.....	7
1.1.	Концепція підвищення швидкостей руху пасажирських поїздів.....	6
1.2.	Постановка завдання інтервального регулювання швидкісного потoku пасажирських поїздів при поетапному збільшенні їх швидкості.....	16
2.	ОСНОВНІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ СИСТЕМИ ІРРП.....	22
2.1.	Гальмівний шлях як фактор безпеки руху.....	22
2.2.	Екстраполяція гальмівних шляхів швидкісних поїздів на величини швидкостей в діапазоні 200 - 400 км / год.....	26
2.3.	Критеріальні підходи до управління швидкісним рухом.....	30
2.4.	Розвиток систем інтервального регулювання руху поїздів і критерії їх ефективності.....	37
3.	ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛЮВАННЯ РУХУ ПОЇЗДІВ.....	44
3.1.	Режими руху прямуючих поїздів.....	44
3.2.	Захист попутно-прямуєчих поїздів в пакеті часу при чотиризначній сигналізації з резервуванням двома блок-ділянками..	50
3.3.	Системи ІРРП в різних режимах руху потягів.....	52
3.4.	Дослідження втрат швидкості при переході в нестандартні режими руху. Розробка методики розрахунку потрібних ресурсів пропускної здатності.....	56
3.5.	Розробка карт критичних співвідношень економічних параметрів швидкісних поїздів.....	60
3.6.	Оцінка пропускної спроможності залізничної ділянки, що потенційно реалізовується.....	64
3.7.	Розрахунок показників технічного плану для дирекції залізничних перевезень.....	68
3.8.	Показники експлуатаційної роботи вагонного парку.....	70
	ВИСНОВКИ	82
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	84

ВСТУП

Економіка України, країн СНД і будь-якої сучасної держави не може успішно функціонувати без розвинутого залізничного транспорту. У міру поглиблення реформ і подальшого розвитку ринкових економічних відносин в Україні здійснюється збільшення протяжності і модернізація технічного оснащення мережі залізниць. Переоснащення основних об'єктів мережі - залізничних ділянок, напрямків, вузлів, станцій і вокзалів виконується на базі сучасних інформаційних технологій, підвищення швидкостей руху пасажирських і вантажних поїздів, скорочення часу поїздок пасажирів і термінів доставки вантажів.

Програми модернізації залізниць України та нового залізничного будівництва спрямовані на задоволення потреб населення і підприємств різних форм власності в перевезеннях, підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту, освоєння нових територій їх промислового, соціального і культурного розвитку. Пріоритетна роль у вирішенні цих проблем належить реконструкції існуючих залізничних напрямків для організації руху пасажирських та інших термінових потягів з підвищеними швидкостями руху, а на спеціалізованих лініях (коридорах) при обмеженому рівні інвестицій забезпечувати перевезення з досить високими швидкостями. Необхідно, однак, з метою підвищення конкурентоспроможності залізниць і задоволення попиту населення на перевезення більшу різноманітність варіантів але вибору пасажирами часу поїздки, типи поїздів і виду вагонів, по набору послуг, що надаються. Особливо актуальні ці проблеми в міжнародних і внутрішніх транспортних коридорах.

Актуальність теми дослідження. Проблема швидкості пасажирських, прискорених контейнерних та інших поїздів безпосередньо пов'язана з витратами найбільш дорогого ресурсу транспорту - пропускнуою здатністю при високому рівні надійності, безпеки технічного комплексу. Провідна роль у вирішенні цієї проблеми належить інтервальному регулюванню потоку поїздів і особливо

швидкісному і високошвидкісному пасажирському поїздопоток, створенню системи резервування надійності і безпеки при виконанні необхідного рівня комфортності і престижу залізниць на ринку пасажирських і вантажних транспортних послуг. З огляду на гостроту цих проблем, вимоги до точного дотримання термінів поїздок, до якості транспортної роботи, науково-технічному рівню залізничної системи в умовах конкуренції інших видів транспорту значно зростають.

Ці та інші чинники визначають актуальність організаційного, інформаційного, математичного та економічного забезпечення пасажирських і прискорених вантажних перевезень в транспортних коридорах, в тому числі міжнародних сполученнях. Інтеграція транспортної системи України і країн СНД в світову транспортну систему сприяє, як відомо, рішенням власних поточних і довгострокових внутрішньоекономічних проблем, поліпшенню господарських зв'язків між регіонами та сусідніми країнами, підвищенню конкурентоспроможності вітчизняних транспортних комунікацій, стимулювання транзитних перевезень, формування міжнародних і внутрішніх транспортних коридорів (МТК, ВТК) виходячи з національних інтересів.

Проблема інтервального регулювання і резервування швидкісного пасажирського і вантажного руху входить до складу комплексних проблем організації руху на перспективу 2025 - 2030 років. Актуальність цієї проблеми пов'язана також і з тим, що вона включається в розробку нових вимог до графіку руху пасажирських і вантажних поїздів, встановлення необхідних резервів пропускних спроможностей і забезпечення надійності та безпеки пасажирського і вантажного руху.

У зв'язку з розвитком фундаментальних і прикладних наук і використанням їх досягнень в народному господарстві, на залізничному транспорті України створені об'єктивні передумови розширення проблем швидкісних і високошвидкісних ліній із забезпеченням високого рівня комфорту, надійності і безпеки. Серед населення поїздки залізницею ідентифікуються з малоймовірним рівнем ризику для життя і здоров'я пасажирів. Цей фактор багато в чому

зумовлює популярність пасажирських поїздів в задоволенні попиту на поїздки і ця популярність має бути не зменшена на швидкісних і високошвидкісних лініях.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи - розробити методики розрахунку критеріїв точності та безпеки виконання траєкторій руху швидкісних поїздів, визначити втрату швидкості руху поїздів в транспортному потоці в зв'язку з можливими переходами від стаціонарного режиму до режиму руху зі зниженими швидкостями на основі рішення задачі математичної теорії транспортних потоків.

Завдання дослідження:

- аналіз вітчизняного і зарубіжного досвіду організації швидкісного руху і реалізації підвищених швидкостей; дати оцінку економічних параметрів швидкісних поїздів у вигляді карт критичних співвідношень.

- встановити основні експлуатаційно-технічні параметри системи інтервального регулювання руху поїздів при світлофорних системах без резервування і з резервуванням.

- розглянути взаємодію прямуючих поїздів та запропонувати методику розрахунку зниження швидкості поїздів в потоці на основі рішення задачі транспортних потоків і визначити швидкість потоку поїздів.

- запропонувати методику визначення пропускної здатності як сукупність ресурсів транспортного коридору, пропорційного величині середньої швидкості, середньої щільності потоку і часу роботи коридору.

Об'єкт - основні параметри регулювання швидкісних залізничних коридорів.

Предмет – режими роботи, регулювання, пропускна здатність, захисні ресурси поїздів в потоці залізничних транспортних коридорів.

Методи виконання роботи. Теоретико-методологічною основою роботи є системний аналіз швидкісного руху, диференціальні рівняння руху (розгону, гальмування) поїздів, теорія помилок і многочлени Ерміта, математична теорія транспортних потоків, теорія розрахунку пропускної здатності на залізничному

транспорті. Використовувалися науково методичні видання МІС по режимам руху поїздів при зростанні швидкості, з безпеки руху і графіками руху.

Наукова новизна отриманих результатів.

- Сформована ресурсна двопараметрична концепція системи інтервального регулювання руху поїздів (ІРРП) при зростанні швидкості в залізничних транспортних коридорах;
- Запропонована методика оцінки точності виконання траєкторій руху швидкісних поїздів на основі теорії помилок і многочленів Ерміта, що дозволяє кількісно і якісно ідентифікувати траєкторії руху швидкісних поїздів;
- Удосконалена аналітична модель розрахунку пропускнуої здатності двоколієних коридорів.

Практичне значення отриманих результатів. Практична значимість полягає в тому, що запропоновані методичні основи спрямовані на підвищення надійності, безпеки і точності виконання траєкторій руху швидкісних поїздів в координатах, що ці концепції можуть скласти предмет державного ліцензування технологічних процесів по організації руху швидкісних поїздів в залізничних транспортних коридорах. Запропоновані карти критичних співвідношень економічних показників є необхідним методичним матеріалом для бізнес-планів швидкісного руху і інвестиційних проектів зростання швидкостей на залізницях компанії «УЗ» в тому числі при розробці структури тарифів для швидкісних поїздів.

Публікації. Відповідно до теми дипломної роботи опубліковані наукові публікації у фахових виданнях України, результати роботи представлені на науковій студентській конференції.

Структура і об'єм роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел з 114 найменувань на 9 сторінках. Загальний об'єм кваліфікаційної роботи магістра складає 90 стор. Робота включає 18 рисунків та 11 таблиць по тексту.

1. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ВІТЧИЗНЯНОГО І ЗАРУБІЖНОГО ДОСВІДУ ОРГАНІЗАЦІЇ ШВИДКІСНОГО РУХУ

1.1. Концепція підвищення швидкостей руху пасажирських поїздів

Програма розвитку залізничного транспорту України інших держав передбачають в якості головного завдання в області пасажирських сполучень забезпечення високої швидкості, комфортності та безпеки пасажирських перевезень. Ці критерії розглядаються як головні показники рівня стану і розвитку залізничної транспортної системи. Одночасно вони є пріоритетними в соціально-економічному відношенні, спрямованими на економічний прогрес суспільства, охорону навколишнього середовища, здоров'я та безпеки людей.

Історія розвитку залізничного транспорту зводиться в кінцевому підсумку до зростання швидкостей руху, починаючи з їх значень в межах 15-20- 22 км / год (початок 19 ст.) До рекордної швидкості 515,4 км / год (ТЖВ, Франція) в кінці недавно пішов 20 в. Зростання величини швидкості при русі по рейках перевищив початкові значення в 25 разів. Історія зростання швидкостей на залізницях зводиться також до зміни видів тяги - парова, дизельна, електрична. При безконтактним з рейковим шляхом видом швидкісного транспорту і тяги на магнітному підвісі швидкість руху поїздів може і далі зростати. Зростання швидкостей руху відбувається в процесі розвитку всіх видів транспортних систем, і, зокрема, залізничного транспорту в міжнародному, міждержавному, внутрішньому і приміському повідомленнях.

Розвиток залізничного транспорту забезпечувало індустріальне виробництво, розподіл купів, внутрішню і зовнішню торгівлю, прогрес економіки і культури.

На порозі ХХІ століття в розвинених державах прийнято вважати, що пасажирський залізничний транспорт переходить в епоху своєрідного другого ренесансу - відродження в нових економічних і соціальних умовах суспільства. Цей висновок підтверджується і визначається багатьма факторами, в тому числі концентрацією населення у великих містах, міграцією населення, енергетичними

та економічними проблемами. Один з основних конкурентів залізничного транспорту - автомобільний через затори на автомагістралях і надмірної загазованості середовища (навіть при сучасних конструкціях двигунів) став причиною того, що швидкісні електрифіковані залізниці стали отримувати інвестиції на їх створення і розвиток. З огляду на також і те, що за прогнозами, виконаним в ФРН, США, Японії,

Швидкісні залізниці в післявоєнний період розроблялися в Японії, Україні, Франції, Німеччині, США та інших країнах.

Основною особливістю швидкісних залізниць є та обставина, що вони почали розроблятися як єдині великі системи зі своєї спеціальної інфраструктурою, а швидкісні поїзди формуватися не як звичайні (традиційно) з окремих вагонів, а конструювати, виробляються і експлуатуватися як єдині рухомі одиниці (системи) - невід'ємні частини швидкісного залізничного транспорту (СПП). Розрахунок японців виробляти швидкісний рухомий склад на ринки інших країн не виправдався, європейські та інші країни стали створювати свої національні системи ОКТ (поїзди TGV - Франція, 1Сє - Німеччина, Х2 - Швеція, ЕТР-450, ЕТР-500 Італія і т.д.).

Після розпаду СРСР експериментальна лінія Москва - Санкт-Петербург і раніше залишається полігоном досліджень, проектних розробок і практичної експлуатації вітчизняних систем швидкісного залізничного транспорту. Національні інтереси України пов'язані з перспективою створення швидкісної мережі залізниць «Північ - Південь», «Захід - Схід» на базі швидкісного поїзда «Сокіл» російського виробництва. Створення високошвидкісної мережі України та країн СНД ґрунтується на концепціях і розробка вітчизняних і зарубіжних вчених [28,31,50,100] з урахуванням динамічного розвитку мережі високошвидкісних ліній в Західній Європі і освіти Єдиної Європейської Швидкісної Залізничної Мережі (ЕЕЖС). [53,86,31].

За швидкісними залізничним системам утворилося міжнародне конкурентне середовище, що сприяє з одного боку розвитку СПП, з іншого - в цьому розвитку реалізації національних інтересів і виконання економічних критеріїв.

В даний час триває дискусія серед фахівців різних країн про те, чи існує необхідність в магнітопоїздах. В основі цієї дискусії лежать дослідження і вивчення існуючих і проєктованих шляхів сполучення і загальноконтинентальних систем швидкісних повідомлень, потенціалу новітніх транспортних технологій, потреб в пасажирських перевезеннях і попиту на транспортні послуги. Робоча комісія федеральних залізниць ФРН представила доповідь про дослідження транспорту на магнітному підвісі як найбільш перспективного засобу підвищення швидкостей пасажирських перевезень. Транспорт на принципах магнітної левітації (МЛТ), який розглядається не тільки як національного, а й міжнародного виду транспорту виходячи з того, що на початку ХХІ ст. пасажиропотоки між Західною і Східною Європою істотно зростуть. Як відзначають фахівці [28,44,52], прагнення до об'єднання транспортних систем характерно не тільки в Європі. Для залізниць України та країн СНД це прагнення може отримати подальший розвиток і мати позитивний вектор. Японія, ФРН, Франція є лідерами в створенні СРП. У жорсткій конкурентній боротьбі з французькими системами TGV

Японія вийграла і планує в Китаї будівництво швидкісної лінії Шанхай - Пекін на базі своєї системи Сіпкансеї. Конкурентна боротьба швидкісних різних систем різних країн, їх виробників свідчить про актуальність підвищення швидкостей на залізницях України та СНД.

У 1996р. з'їзд залізничників України прийняв план розвитку залізниць до 2005 р., який реалізується шляхом розробки і виконання спеціальних Програм, в т.ч. Програми високих швидкостей, які в тій чи іншій мірі коригуються. Передбачається модернізація існуючих ліній і будівництво спеціалізованих швидкісних трас, на яких будуть використовуватися системи швидкісних поїздів типу «Сокіл» та інші системи.

У Європі швидкісний залізничний транспорт почав створюватися в 60-х роках, а комерційна експлуатація з 70-х років. Комерційна експлуатація швидкісних залізничних магістралей показала їх економічну ефективність і великі можливості задоволення попиту населення на перевезення. У межах національних кордонів густонаселених держав, але * щодо малих за розмірами

території, коли виникає необхідність приватних зупинок, складно реалізувати основна перевага СРП - маршрутні швидкості 300 - 400 км / ч. Цілком очевидно, наскільки ефективно можуть використовуватися швидкісні системи на залізницях України в зв'язку з розвитком Центральних, Південних регіонів.

Вигідне географічне положення України як природного транзитного мосту між Європою і Азією багато в чому зумовлює великий потенціал пасажиропотоків і вантажопотоків, який може бути освоєний добре організованими видами транспорту і перш за все залізничним транспортом, який має унікальний за своєю роллю Транссибом, за яким в окремі роки перевозилося більше 140 тис. контейнерів в 20 футовому еквіваленті і щодоби від припортових станцій Тихого океану відправлялося 5 і більше контейнерних поїздів.

Потенціал трансибірського напрямки використовується поки що недостатньо, хоча його напрямок традиційно було технічно розвиненим і оснащеним. Пропускна здатність магістралі продовжує посилюватися для пропуску швидкісних пасажирських і контейнерних поїздів (завершена його електрифікація, подовжені приймально-відправні колії, використовуються і поглиблюються інформаційні технології в управлінні перевізним процесом).

З огляду на актуальність зниження часу знаходження пасажирів в дорозі в МПС України, розробляється Федеральна цільова програма «Розвиток швидкісного і високошвидкісного руху пасажирських поїздів в Україні», яка охоплює не тільки Європейську частину України, але і поетапний розвиток швидкісного руху на залізничних лініях східного Уралу. Передбачається інтеграція мережі швидкісних доріг України з Європейською мережею швидкісних залізниць.

Відповідно до розробленого Економічною комісією ООН «Європейської угоди про магістральних залізничних ліггіях для міжнародного сполучення» почалося практичне створення загальноєвропейської мережі транспортних сполучень.

Питання розвитку транспортно-економічних зв'язків між країнами Західної, Центральної та Східної Європи ставилися з початку 90-х років на трьох

загальноєвропейських конференціях в Празі (1991 р.), На острові Крит (1994р.) Та Гельсінкі (1997р.). Проводилися також міжнародні форуми з питань розвитку зв'язків між країнами Європи та Азії, в тому числі перша і друга Євро-Азіатська конференція по транспорту в Санкт-Петербурзі (1998р.), А також в 2000 році. Розвиток транспортної інфраструктури ЄС здійснювалося в рамках формування ЄС. На конференції в м Гельсінкі була обговорена і підтримана концепція спільного інвестування загальноєвропейської транспортної інфраструктури, з'єднання Транс'європейської транспортної мережі (ТЕС) з сусідніми країнами.

В даний час міжнародна транспортна система (МТС) на європейському континенті включає чотири складових: транспортні мережі держав ЄС; 11 загальноєвропейських транспортних коридорів в країнах Центральної та Східної Європи; транспортні комунікації міжнародного транспортного співробітництва, а також транспортну інфраструктуру на напрямку євразійських зв'язків.

Територією України в даний час проходять міжнародні транспортні коридори (МТК): №1 (Гданськ - Калінінград - Рига - Таллінн), №2 - по території України, Білорусії (Берлін - Познань - Варшава - Брест - Мінськ - Москва - Нижній Новгород) ; №9 - по території України, Білорусії, України (Гельсінкі - Санкт-Петербург - Псков - Вітебськ - Гомель - Київ - Одеса) з відгалуженням від Гомеля через Мінськ і Вільнюс на Калінінград і відгалуженням від Любашівки на Бухарест.

Під поняттям «транспортний коридор» будемо розуміти сукупність магістральних транспортних комунікацій з відповідним облаштуванням (інфраструктурою) як правило, різних видів транспорту, які забезпечують перевезення пасажирів і вантажів у міжнародному сполученні на напрямках їх найбільшої концентрації, що зв'язують різні країни. Під міжнародною залізничною мережею «Е» будемо розуміти систему основних і другорядних ліній. Основними лініями є «магістральні залізниці», за якими вже в даний час проводиться великий обсяг міжнародних перевезень або які набувають великого значення в найближчому майбутньому. Другорядними лініями є ті лінії, які, доповнюючи в даний час мережа основних ліній, зможуть забезпечувати

міжнародні перевезення великого обсягу тільки у віддаленому майбутньому. Як відомо, магістральні лінії міжнародної залізничної мережі «Е» відповідають технічним параметрам, наведеним в роботі до Європейської угоди про міжнародні лінії, або повинні бути приведені у відповідність до положень цього додатка в ході майбутніх робіт з модернізації ліній в рамках внутрішньодержавних програм. Не тільки вигідне географічне положення, але і рівень розвиваються транспортних послуг роблять мережу залізниць України конкурентоспроможною, а на стику з Європейською частиною ці характеристики відносяться, перш за все, до мережі Жовтневої залізниці. Метою формування і розвитку міжнародних транспортних коридорів (МТК) на території України є підвищення ефективності російських зовнішньоторговельних перевезень і забезпечення гарантованого їх здійснення на основі міжнародних угод і домовленостей, що зміцнюють економічну безпеку країни, а також залучення на вітчизняні комунікації транзитних перевезень третіх країн і отримання за рахунок цього додаткових доходів.

Швидкісний залізничний транспорт і залізничні лінії, на яких здійснюється підвищення швидкостей руху, є інформаційно-регулюючі технологічні, технічні та керуючі системи, сукупність комплексів вищого рівня розвитку. Він містить в собі метаінформаційні моделі, нові нормативи і керівні матеріали, нові наукові розробки та проекти. Значення цих носіїв метаінформації полягає в тому, що на їх основі встановлюється зворотний зв'язок між зовнішнім середовищем - соціальними верствами населення, які користуються цим сучасними і вдосконаленими видами транспорт і транспортним і нетранспортні персоналом, який отримує нові робочі місця. Велику роль відіграють також адаптивні ринкові механізми,

Ефективність діяльності вдосконалених і швидкісних видів транспорту, проводирів цих фракцій систем ґрунтуються на прямих і непрямих механізмах технічного і економічного регулювання. Найважливішою функцією економічного регулювання є розробка систем оціночних показників, що визначають перевагу варіантів з підвищеними швидкостями 'руху, створення такої структурної

мотивації, яка забезпечувала б загальну зацікавленість в новій якості транспортних послуг.

В даний час на залізницях України вже вживаються конкретні заходи щодо прискорення просування пасажирських поїздів на всіх напрямках мережі. За більш раціональним розкладів з великими швидкостями, починаючи з 1996р., Прокладено в графіках руху 269 пар пасажирських поїздів, 24 пасажирських поїзди переведені в категорію швидкісних. Відповідно до вказівки МПС, визначено перелік пасажирських поїздів, що підлягають прискоренню при дальності маршруту більше 2 тис.км. На першому етапі здійснено підвищення швидкостей таких поїздів з маршрутною швидкістю понад 50 км / год, тобто розпочато поетапне зростання швидкостей пасажирських поїздів поки ще, як правило, в нижньому діапазоні ходових і маршрутних швидкостей.

Приведені до нормативної швидкості 70 км / год фірмові пасажирські поїзди, що прямують до станції призначення більше 1 доби, число таких поїздів становить близько 30 пар із загального числа фірмових поїздів близько 90 пар. Проблема підвищення швидкостей руху пасажирських поїздів починає носити загальномережевий характер, будучи серйозним чинником підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту. Пасажирське повідомлення в Україні реалізуються за різними схемами і технічним умовам. У внутрішньому сполученні використовуються традиційні схеми формування поїздів різної маси, допустимої швидкості і довжини. Використовуються нові, на відміну від традиційних, системи поїздів EP200, «Сокіл» та інші. У повідомленні з Фінляндією організація спеціальних фірмових поїздів «Сібеліус», «Репін»,

Для оцінки можливостей реалізації підвищених швидкостей руху розглянемо характеристики окремих швидкісних поїздів і систем [1,2,7,8] вітчизняних і європейських залізниць.

Поїзд EP200. Електропоїзд EP200 був виготовлений з технічних розробок ВНИИЖТа на основі багаторічних досліджень в області підвищення швидкостей руху пасажирських поїздів. Було затверджено технічне завдання на 14-вагонний електропоїзд постійного струму напругою 3КВ з конструкційної швидкістю 200 -

250 км / год. У складі електропоїзда EP200 два головних і 12 проміжних моторних вагонів, причому головні вагони не мають тягового електрообладнання.

Сумарна потужність тягових двигунів всіх моторних вагонів поїзда становить 10320 кВт, що забезпечує задані тягові і швидкісні характеристики на рівні ряду європейських поїздів. Електропоїзд був сконструйований за новими вимогами і параметрами; використані в конструкції нові системи і елементи. Вперше у вітчизняному Електровозобудування отримали втілення абсолютно нові візки з центральним пневматичним підвішуванням, дискові і магнітно-рейкові гальма, полегшений кузов з алюмінієвих сплавів з обтічною формою головної частини, сучасне тиристорне регулювання тягових двигунів в режимі тяги і реостатного гальмування з електронної протівобоксовочной і протигазної захистом. Розроблено та використано в конструкції поїзда EP200 оригінальний двоступеневий автоматично регульований струмоприймач. Передбачена також багатозначна сигналізація, автомашиніст, кондиціонування повітря, інформаційна система в пасажирські хвагонах, бар і багато іншого. Поїзд EP200 є хорошим зразком для наступних модифікацій швидкісних пасажирських поїздів вітчизняного зразка. Ведуться роботи щодо його подальшого вдосконалення.

Поїзд ICE (Німеччина). Міогосістемний експрес виконаний як електропоїзд з двома тяговими головними елементами і шістьма сполучними рухомими одиницями без приводу. Максимальна місткість (число місць для сидіння) - 370. Загальне уявлення про основні параметри різних варіантів експреса ICE наведені в таблиці 1.1. З швидкісних європейських потягів представляє також інтерес шведські поїзда з нахилом кузова в залежності від радіуса кривих ділянок колії. До цього класу поїздів відносяться поїзда X2, X3.

Поїзд X2 (Швеція). До складу поїзда X2 з нахилом кузова в кривих ділянках колії входить два головних вагона з кабінами управління типу X2, а між ними чотири з'єднувальні одиниці (пасажирські вагони). Є можливість замінити вагон з кабіною машиніста другий тягової секцією того ж типу, а в разі потреби весь поїзд благається оснастити тільки одні струмоприймачем.

Характеристики поїздів ICE (Німеччина)

Технічні параметри	ICE (1 сист)	ICE-M (4 сист.)	ICE-M
Конструкційна швидкість, км/год	280	220 - система пост, струму 1,5-3 кВ; 300(350)- система змінного струму 15-25кВ	220 - сист. пост, струму 1,5- 3 кВ; 300(350)- система змінного струму 15-25кВ
Потужність при тривалому режимі, МВт	2x4,8	2x3,6 – змінн. струм 15-25кВ; 2x2,5 пост. струм 1,5-3 кВ	6
Число тягових головних елементів на 1 одиницю	2	2	1
Число з'єднувальних рухомих одиниць	14	6	5
Статичне навантаження на колісну пару, кН	200	170	200
Максимальна ширина вагона, мм	3020	3020	3020
Вирішальний ухил ділянки (керівний ухил), ‰	30	40	40

Поїзд ETR450 (Італія). Цей поїзд розроблений з використанням системи врівноваженого корпусу, яка зменшує бічне прискорення, підвищуючи, таким чином, комфорт. Склад складається з дев'яти елементів. Його характеристики зведені в таблицю 1.2

Таблиця 1.2

Характеристика поїзда “ЭТР450” (Італія).

Найменування параметрів	Чисельні значення
Місткість (число місць)	380
Конструкційна швидкість (максимальна), км/год	250
Маса, кП	4700
Навантаження на вісь, кИ	125
Максимальна потужність: При тязі, МВт	5,5
При гальмуванні, МВт	7,8
Напруга струму, 13	3000

Довжина восьмивагонного поїзда - 200 м. Беручи до уваги звичайні 400-метрові платформи, можна з'єднати один з одним два потяги. Завдяки великій корисній довжині вагонів з окремими візками, є можливість надання відмінного ресторанного сервісу. Велику роль відіграє також статичне навантаження на вісь, яка для швидкісних європейських потягів становить вектор-рядок.

При таких навантаженнях на вісь маса поїздів коливається в межах 460 - МООТС. Характеристики швидкісних поїздів, наведених в габл. 1.2 - 1.5, показують, що ці поїзди і їх подальші модифікації забезпечують високі тягово-експлуатаційні можливості, а також комфортність поїздок пасажирів. Прискорення при розгонах і гальмуванні не перевищують $1\text{ м} / \text{с}^2$, що відповідає санітарно-гігієнічним нормативам.

1.2. Постановка завдання інтервального регулювання швидкісного потоку пасажирських поїздів при поетапному збільшенні їх швидкості

Розвиток систем ІРПП відбувалося і відбувається в даний час одночасно з розвитком мережі та інфраструктури залізничного транспорту. Протягом всієї історії розвитку залізниць провідним критерієм ІРПП був критерій безумовного забезпечення безпеки руху поїздів. Ще більшого значення набуває цей критерій в даний час, коли вирішуються проблеми істотного зростання швидкостей руху, особливо пасажирських поїздів.

Етапами регулювання руху поїздів є способи приготування маршрутів і систем руху на перегонах і ділянках: телефонна (телеграфна) зв'язок і письмові зносини, автоблокування (АБ), диспетчерська централізація (ДЦ) - на перегонах; ручне управління стрілками і сигналами, механічна централізація, електрична централізація (ЕЦ), маршрутно-релейна централізація (МРЦ) - на станціях. Кожен з цих етапів характеризувався зростанням пропускних спроможностей і представляв собою в певному сенсі певну революцію в організації руху і ІРПП. Сучасні системи регулювання руху на станціях і перегонах характеризуються почався періодом переходу на мікроелектронну елементну базу в заміну релейних

систем, переходом на мікропроцесорне управління, оптоволоконні канали зв'язку,

Кожен етап технічних засобів, що реалізують безпеку руху і систему ІРРП, характеризувався певним рівнем допустимих швидкостей руху поїздів. Серйозним кроком у вирішенні цих питань в післявоєнний період було впровадження АБ на лініях і ЕЦ на станціях, які в подальшому стали, доповняться автоматичною локомотивною сигналізацією (АЛС) і автостопом (АС). Система АБ включає підлогові і при централізованому розташуванні апаратури станційні пристрої, що реалізують контроль цілісності і вільності окремих ділянок рейкової лінії (РЛ) огорожувальні або блокують ці ділянки за допомогою підлогових світлофорів і при АЛС - локомотивних візуальних індикаторів (світлофорів). У 50-х ... 60-х роках минулого століття були виконані величезні масштаби робіт з переоснащення більшості ділянок мережі залізниць і перекладу їх на ДБ і ЕЦ.

Одночасно розроблялася теорія графіка руху поїздів, використання пропускних і провізних здібностей переоснащених на нові засоби сигналізації та зв'язку залізничних ліній.

У підсумковому вигляді результати цих досліджень узагальнювались і знаходили практичне використання в офіційних документах за графіком руху поїздів і в Інструктивних вказівках по визначенню станційних і межпосздних інтервалів. Так, в Інструктивних вказівках по визначенню станційних і межпоездних інтервалів [38,39], що діють в даний час і затверджених Державною адміністрацією залізничного транспорту УКРАЇНИ в 1995р., Відзначається, що величина станційних і межпоездних інтервалів залежить від: технічного оснащення прилеглих ділянок - числа головних колій, засобів сигналізації та зв'язку з руху поїздів; плану і профілю лінії; серії поездних локомотивов, які обслуговують вантажний і пасажирський рух; категорії поїздів, їх ваги, довжини, а також швидкості руху; допустимих (максимальних) швидкостей руху поїздів; способів управління стрілками і сигналами; МРЦ, ЕЦ, інших технічних засобів; типу стрілочних переводів і т.д. Цей неповний перелік факторів, від яких залежать станційні та міжпоїздні інтервали, показує, що проблема ІРРП є комплексною і

багатофакторної. Питання ІРРП при швидкостях до 200 км / год обумовлюються додатковими вказівками і Тимчасовою інструкцією з експлуатації та утримання пристроїв і рухомого складу на ділянках обертання пасажирських поїздів зі швидкістю 141 - 200 км / ч [36,37].

У розробку і практичне використання технічних систем ІРРП внесли великий вклад вчені України. Як і раніше, велика роль в ІРРП належить системі автоблокування на перегонах, коли інтервальне регулювання відбувається за сигналами прохідних світлофорів, які поділяють рейкові кола на блок- ділянки, при цьому послідовно йдуть поїзда поділяються часом і відстанню. Ця система різко підвищила пропускну здатність ліній, оскільки на одному і тому ж перегоні в звичайному режимі руху вже могло знаходитися кілька поїздів попутного напрямку. У цьому поездепотоків інтервал між поїздами коливається, складаючи величину $\Delta t = 1, 2, \dots, n$, деп - число попутних поїздів на перегоні. Коливається також розділяє поїзди відстань $L = 1, 2, \dots, A$, де до - число відрізків між поїздами РЛ, величина яких обмежується або довжиною тормозногопуті, або довжиною блок-ділянки і тільки в особливих випадках, при зупинці попутно наступних поїздів, може бути рівною нулю.

У міру зростання обсягів перевезень і величини поездепотоків розбивка РЛ на блок-ділянки і розстановка світлофорів відбувалася поетапно виходячи з таких розрахункових інтервалів I_p :

$$I_p = 10..12 \text{ хв- 50-ті роки};$$

$$I_p = 8 \text{ хв-60-е г оли};$$

$$I_p = 6 \text{ хв -70-і роки.}$$

Оскільки потоки поїздів продовжували збільшуватися, серед фахівців став обговорюватися питання про подальше скорочення інтервалу при прокладанні на графіку пасажирських і вантажних поїздів, що означало подальше зближення попутно наступних поїздів і скорочення поділяють їх координат. Однак, цього процесу стали протидіяти недостатньо вивчені закономірності, які складають

предмет математичної теорії транспортних потоків. При подальшому згущенні поездопотоків стає як би «взаємозалежною єдиною системою», коли один або більше з попереду йдуть поїздів з тих чи інших причин (параметричні відмови і ін. Причини) починають рухатися зі зниженими але відношенню до графікових швидкостями.

В силу «сцепленности» попутно прямуючих поїздів через сигнали автоблокування поїзда починають рухатися в потоці не у вільному режимі. Ззаду йде потік починає переміщатися зі зниженими швидкостями під жовті вогні світлофорів і в окремих випадках з деякими затримками (зупинками) у червоних вогнів, чекаючи видалення йдуть попереду поїздів. У цих випадках замість очікуваного зростання пропускної спроможності за рахунок зниження інтервалів в дійсності відбувалася втрата пропускної здатності. У роботах А.М.Макаровича, Ю.В.Дьякова, Д.Ю.Левіна було поставлено питання про облік цих втрат і вивченні т.зв. «Діаграми транспортних потоків» | 21,60 |.

У зв'язку з цим правомірна постановка питання про резервування системи ІРРП. Ця проблема тісно пов'язана також з безумовним виконанням критерію повної безпеки руху поїздів, яка повинна забезпечуватися в будь-якому поездопотоків. Актуальність цих питань зростає в зв'язку зі створенням сучасних швидкісних систем (Сокіл-250, TGV, ICE і ін.).

Довжина блок-учаєтка 1ву повинна задовольняти з одного боку «Оптимальної діаграмі транспортного потоку» і її необхідно досліджувати, з іншого боку повинні виконуватися вимоги забезпечення зупинки поїзда при повному службовому або автостопні гальмуванні в межах одного блок-ділянки. Однак зростання швидкостей руху за межі 200 км / год підвищує вимоги щодо забезпечення умови і потрібно проводити дослідження довжин гальмівних шляхів, які впливають на довжини блок-ділянок.

Дані табл. 1.3 показують, що при будь-якому числі блок-ділянок, які поділяють попутно такі поїзди, при зростанні інтервалів швидкість потоку падає. На цій підставі і проводилася практична тенденція скорочення інтервалів. Однак ці висновки суперечать «діаграмі транспортного потоку». Вони стримували

зростання швидкостей, оскільки для реального швидкісного руху необхідні збільшені відстані між попутно наступними потягами [36,37].

Таблиця 1.3.

Зміна середньої швидкості транспортного потоку

Кількість блок-ділянок, що розмежовують поїзда	Середня швидкість руху поїздів, км/год при міжпоїздному інтервалі, хв				
	6	7	8	9	10
2	50	42	37	33	30
3	70	60	53	44	42
4	90	77	68	60	54

Зростання швидкостей вимагає не тільки нового інформаційно-технічного ресурсу інфраструктури та рухомого складу, а й витрат такого ресурсу як пропускна здатність. На цій суперечливій концепції ускладнюється розвиток швидкісного руху пасажирських поїздів та швидкісного руху рефрижераторних, контейнерних та інших поїздів термінової доставки вантажів які швидше вступаючи в комерційний оборот, забезпечують загальну економічну ефективність.

Наприклад, фінансові результати лінії ТЖВ (Франція) в 1989 р дали позитивні результати, які продовжують стійко виконуватися і в наступні роки, в т.ч. за такими складовими як: дохід від продажу квитків, номінальному сальдо експлуатаційного балансу, номінальною маржі і чистої частки прибутку, що припадає на лінію ТЖВ (в млн. ЕКЮ за 1989р.).

Слід зауважити, що на залізницях України по ПТЕ дозволені досить високі ходові швидкості до 120 км / год вантажних поїздів. Це говорить про в цілому досить високих експлуатаційно-технічних параметрах колійної інфраструктури, яка в даний час може контролюватися сучасними автоматизованими вагонами лабораторіями (перші зразки вже створені і знаходяться в експлуатації).

Діапазон зростання швидкостей руху як на звичайних лініях, а також внутрішніх і міжнародних транспортних коридорах є досить великим, враховуючи велику протяжність мережі «УЗ» в рамках Міжнародних

транспортних коридорах. Як правило, ці коридори планується експлуатувати як лінії багатофункціонального призначення. Однак ці лінії вимагають істотної модернізації, посилення інфраструктури та реінжинірингу систем. При цьому слід мати на увазі, що рекорд швидкості 515,3 км / ч досягнутий на лінії ТЖ13 в травні 1990р при звичайній конструкції залізничної колії, всі елементи системи якого знаходилися в високонадійних стані.

Діаграма зростання швидкості до 515,3 км / год і гальмування з цієї швидкості до рівня в 300 км / год в зазначеному експериментальному рейсі. Зниження тільки до рівня 300 км / год за даними французьких залізниць продовжувалося протягом 36 км. Звідси ясно, наскільки велике значення при організації швидкісного руху надається не тільки створення ефективної тяги, але і не в меншій мірі гальмування, враховуючи, що поряд з багатьма технічними обмеженнями велике комерційне значення з точки зору престижу і популярності швидкісних поїздів має виконання нормативних величин прискорення і уповільнення. Даних по гальмівним шляхам швидкісних поїздів є поки занадто недостатньо як на вітчизняних, так і на зарубіжних залізницях.

2. ОСНОВНІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ СИСТЕМИ ІРРП.

2.1. Гальмівний шлях як фактор безпеки руху

У загальній системі безпеки руху першорядна роль відводиться системам і параметрам не тільки зростання швидкостей руху, а й ефективних засобів зниження швидкості. Гальмівний шлях - відстань, що проходить поїзд з початку гальмування до повної зупинки. Виходячи з критеріїв безпеки руху, гальмівний шлях поїзда повинен бути в максимальному ступені коротким, а гальмування ефективним. Однак, за інших різних умов гальмівний шлях у вирішальній мірі залежить від швидкості руху, а інтенсивність гальмування обмежується виходячи із забезпечення комфортності пасажирів величинами уповільнення $0,7 - 1,3 \text{ м / с}^2$ і при будь-яких умовах не більше 2 м / с^2 [37, 41]. Крім того, при великих швидкостях гальмівний шлях робить вирішальний вплив на всю систему ІРРП і створення нових підходів організації та регулювання руху поїздів, розробку графіків руху і їх використання в бортових системах автоматичного управління рухом швидкісних поїздів.

Величина гальмівного шляху є одним із підсумкових параметрів конструкції гальмівної системи поїзда і функціональним показником організації руху і ІРРП. В даний час для швидкісних поїздів розробляються вдосконалені гальмівні системи. На початку ХХ ст. в світі було відомо більше десяти різних систем пневматичних автоматичних гальм, що відрізняються один від одного різним часом і швидкістю процесу гальмування. Через ці параметри гальмівні системи впливали на розробку графіків руху поїздів та режими стоянок пасажирських поїздів.

У другій половині ХХ століття гальмівні системи почали розроблятися для ефективного гальмування в вантажних поїздах виходячи з швидкостей 120 км / год , а пасажирських - до 100 км / год , потім - 200 км / ч і в даний час для діапазону високих швидкостей до $450-500 \text{ км / год}$, а зниження швидкості

швидкісним французьким поїздом ТЖВ з рекордною її 515,3 км / год до 300 км / год відбувалося гра відстані $L = 36$ км. Цілком очевидно, наскільки великий вплив має гальмівний шлях на побудову графіка руху, режими стоянок швидкісних поїздів і в цілому на всю систему ІРПП і безпеки руху. Крім того, залишаються невивченими перехідні процеси руху поїздів при значному зростанні їх швидкісних характеристик.

Система ІРПП в режимах швидкісного руху пасажирських поїздів передбачає таку роль гальмівних систем поїзда, яка врівноважується в практичній реалізації з силовими системами цих поїздів. Для швидкісних ліній також як і для ліній в діапазоні швидкостей (140 ... 200) км / год вибір гальмівних систем і гальмівного обладнання визначається необхідними гальмівними характеристиками і показниками надійності і довговічності їх експлуатації. Нові гальмівні системи розробляються на поєднанні конструкцій фрикційного і електричного дії . Причому, ці системи діють приблизно з постійними гальмівними силами в усьому діапазоні швидкостей шляхом використання гальмівних колодок або накладок дискових гальм з мало залежать от швидкості коефіцієнтом тертя. Виходячи з функціональної ролі гальмівних систем. Для швидкісних спеціальних поїздів, допускаються більш високі прискорення (уповільнення), проте вони повинні бути набагато нижче тих значень цих параметрів, які допускаються при запуску і приземлення космічних апаратів. У швидкісних поїздах більш високі прискорення (уповільнення) допускаються при випробуванні цих поїздів. У гальмівних розрахунках приймають, масу поїзда зосереджена в одній точці, в якій прикладена гальмівна сила, еквівалентна гальмівним силам всіх наявних в ньому одиниць рухомого складу.

В електродинамічних рейкових гальмах величина гальмівної сили колодкових і дискових гальм обмежується за умовою зчеплення коліс з рейками (для однієї колісної пари ця сила складає, де μ - навантаження від колісної пари на рейки, μ - коефіцієнт зчеплення коліс з рейками). Тому для збільшення ефективності гальмування в швидкісних поїздах передбачаються фрикційні рейкові гальма, їх гальмівна сила виникає додатково при ковзанні (зорі)

спеціальних черевиків по поверхні рейок. Башмак притискається до рейки за рахунок магнітного поля, яке створюється електричними або постійними магнітами вбудовані в черевики. В даний час проводиться дослідження зі створення рейкових гальм з механічним притисканням фрикційних колодок до поверхні рейок за допомогою пневматичних циліндрів.

Використовуються також в швидкісних поїздах рейкові електричні гальма з використанням вихрових струмів, які по конструкції подібні електромагнітного рейковому гальма, проте гальмівна сила в них утворюється без безпосереднього контакту черевика і поверхні рейок. Це досягається шляхом взаємодії основного магнітного поля, порушеної соленоїдами гальмівного башмака, і магнітних полів вихрових струмів, які індуковані в рейках при переміщенні основного магнітного поля. ЕРС в рейках утворює вихрові струми. Сила взаємодії магнітних полів, створених цими струмами, і основного магнітного поля соленоїдів є гальмівний силою, так як вона перешкоджає відносному переміщенню черевика і рейки.

За розрахунками це гальмо є найефективнішим з існуючих, особливо при великих швидкостях руху. Із го використання можливо на рухомому складі, який не має непосредственною контакту з рейками (магнітний підвіс, наприклад). Рейкові гальма на вихрових токах використовуються на вагонах високошвидкісних поїздів ICE, TGV та інших. Це дозволяє скорочувати довжину гальмівних шляхів, забезпечуючи велику протяжність руху з встановленою швидкістю, зменшуючи загальний час руху по ділянці (рис. 2.1). Однак у всіх випадках необхідно забезпечити плавність дії гальм, не перевищуючи непогашені уповільнення, що перевищують санітарні норми. Ця вимога є одним з головних при організації високошвидкісного руху поїздів.

За розрахунками ВНИИЖТа, для не швидкісній ліній довжина гальмівного шляху S_m при $U = 100$ км / год на спусках до $i = 6\%$ складає 1200м. За нормами Міжнародного Союзу залізниць (МСЗ) при тих же умовах.

На рис. 2.2 приведена залежність від швидкості руху коефіцієнта ефективності композиційних гальмівних колодок в порівнянні з чавунними (лінія 1), чавунних в порівнянні з композиційними (лінія 2).

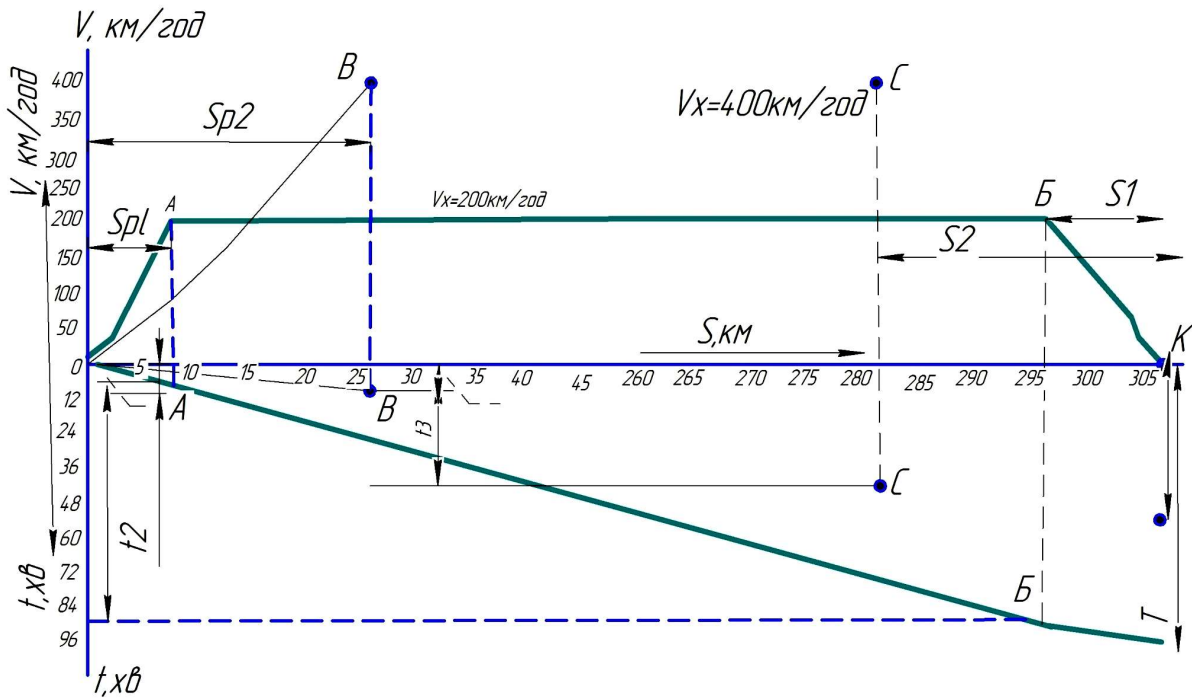


Рис.2.1. Тягово-експлуатаційні параметри графіка руху швидкісних поїздів на ділянці при $T_{ху} = 200$ км / год і $T_{ху} = 400$ км / год.

З урахуванням деякого запасу розрахункові сили натискання на вісь композиційних колодок в перерахунку на чавунні для пасажирських поїздів приймаються при швидкостях до 120 км / год також як чавунні, при $V = 120 - 140$ км / ч і від 140 км / ч до 160 км / год відповідно на 25% і 30% більше (по В.Г. Іноземцеву).

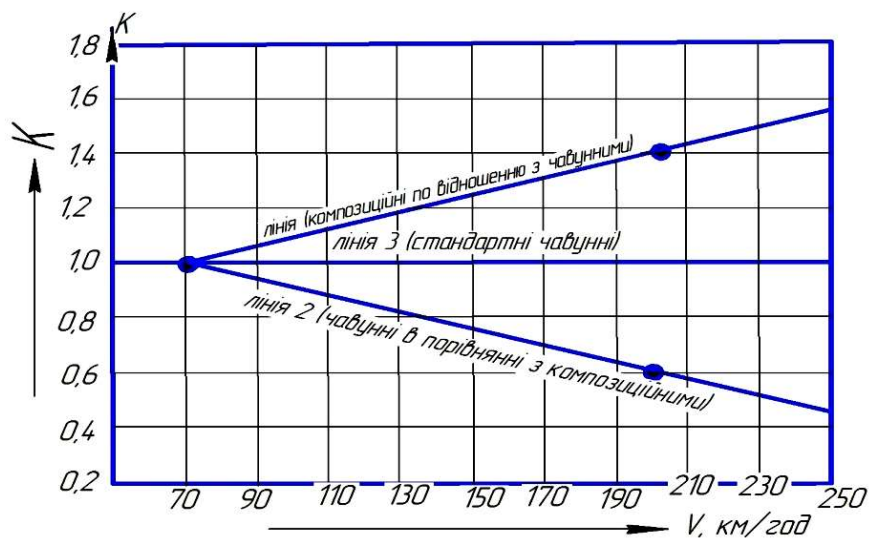


Рис.2.2. Залежність коефіцієнта ефективності гальмівних колодок від швидкості пасажирських поїздів

В закордонних системах і нових конструкціях вітчизняних гальмівних систем застосовується двостороннє тиск гальмівних колодок - по дві колодки на кожне колесо. Це підвищує використання сили зчеплення коліс з колодками. У швидкісних поїздах проводиться комплексний розрахунок гальмівних натиснень і загальної гальмівної сили поїзда V_t в залежності від конструкції гальмівної системи і типу швидкісного поїзда (Сокіл-250, TGV, ICE і т.д.). Автор роботи брав участь у нарадах зі швидкісного руху під час стажування в Німеччині. Як показали доповіді фахівців, розробці нових гальмівних систем має першочергове значення, а розрахунки гальмівних шляхів виконуються з урахуванням обмежень по величині прискорення і уповільнення згідно ергономічним нормативам.

2.2. Екстраполяція гальмівних шляхів швидкісних поїздів на величини швидкостей в діапазоні 200 - 400 км / год

Система ІРРП в умовах великих швидкостей ґрунтується на нових підходах і параметрах тягово-експлуатаційних характеристик, які в даний час встановлюються експериментально при випробуванні на вітчизняних дорогах поїзда «Сокіл-250» і інших типів поїздів. Для дослідження цих питань в системі ІРРП можуть бути попередньо використані екстраполяційні методи оцінок гальмівних шляхів та інших показників швидкісного руху в умовах підвищених і високих швидкостей з метою загальної оцінки ролі цієї проблеми.

У гальмівних системах новостворюваних вітчизняних швидкісних поїздів значення коефіцієнтів a , b , c уточнюється і вони носять, як правило, деякі безлічі значень. На рис. 2.3 показаний графік залежності « γ » (Γ) для пасажирських вагонів при швидкості Γ до 200 км / год.

Як видно з наведеного графіка, основне питомий опір руху нелінійно зростає, тобто з ростом швидкості ця складова уповільнюють сил сприяє їх збільшенню (на рис. 2.3 питома сила опору виражена в ниотонах на тонну маси поїзда).

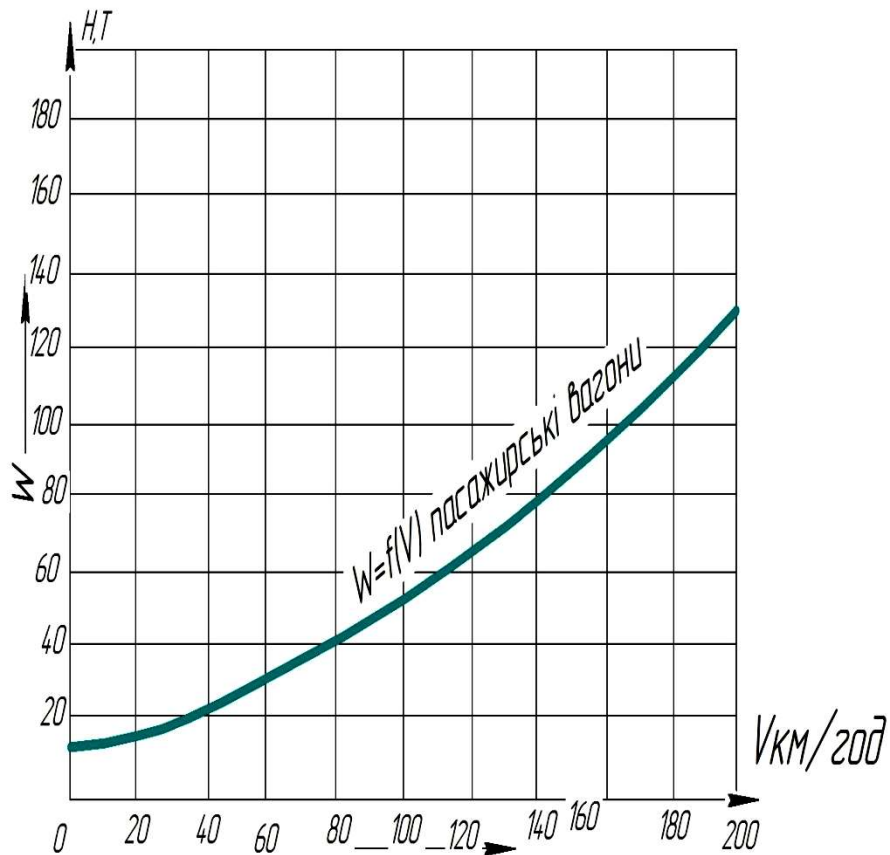


Рис.2.3. Графік функції основного питомого опору для пасажирських вагонів в діапазоні швидкостей до 200 км / год

Наступним фактором безпеки руху та створення нормального режиму руху поїздів є умова забезпечення безюзового гальмування, яке визначається гальмівною силою, що діє на колісну пару (B_T), навантаженням від колісної пари на рейку ($</math>) і коефіцієнтом зчеплення колеса з рейками%:$

Відомо, що ставлення гальмівного нажаття до ваги поезда називається гальмівним коефіцієнтом або коефіцієнтом розрахункового гальмівного натиснення. Так, наприклад, за даними, наведеними в зоні екстраполяції гальмівних шляхів на рис 2.4 при гальмівному натисненні 40 кН при швидкості 200 км / ч перевищує 2000 м, а при швидкості 400 км / ч його величина піднімається в область 15-20 км. При зниженні гальмівного натиснення, викликаного тими чи іншими причинами (параметричні відмови і т.п.) ці величини зростають. При зростанні гальмівного натиснення до максимальної

величини (рис. 2.4) - 60 кН на 100 т маси поїзда в режимі службового гальмування при швидкості 200 км / год гальмівний шлях складає 1,4 км, а при обліку додаткової величини при автостопні гальмуванні 1,7 км . Для швидкості 400 км / год величина гальмівного шляху становить приблизно 30 км, що свідчить з одного боку про необхідність нових систем гальмування для вирішення проблеми швидкісного руху і, з іншого боку,

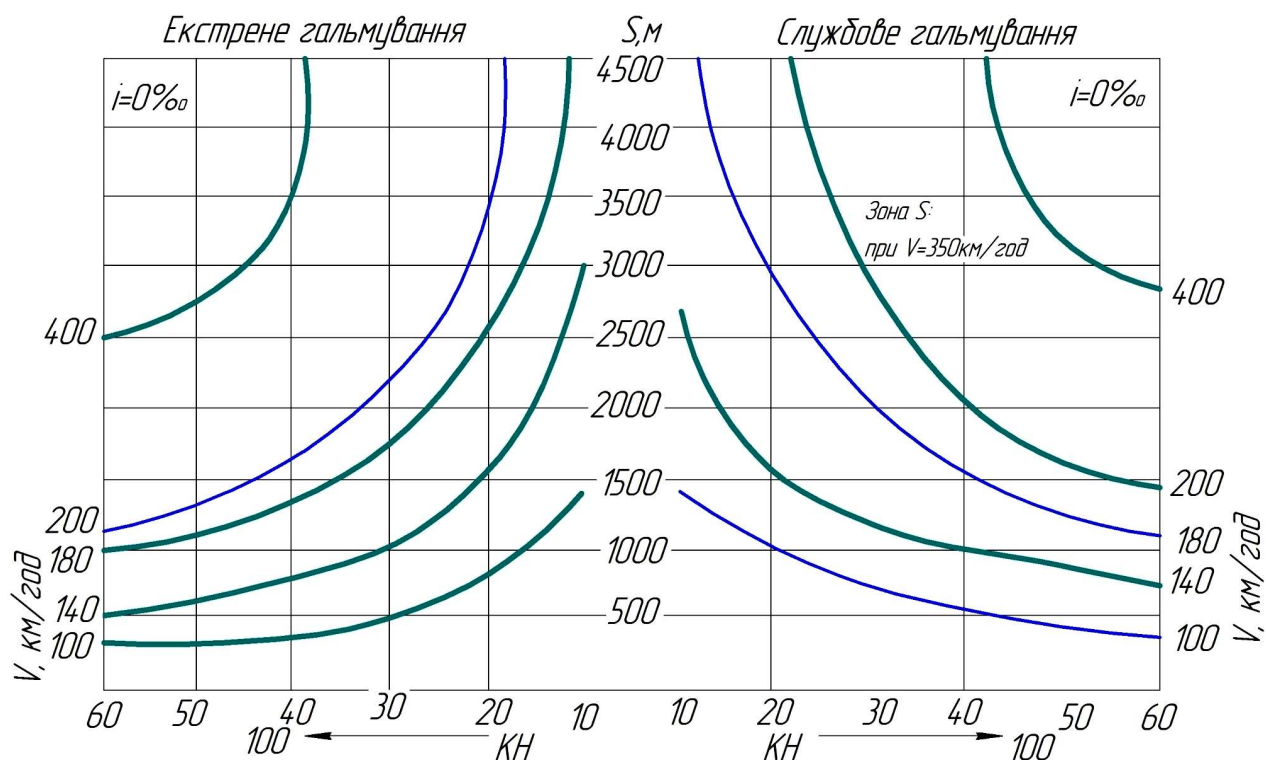


Рис.2.4. Екстрапольована діаграма гальмівного шляху і швидкості руху пасажирського поїзда на майданчику ($i=0$ ‰) при електродинамічному гальмуванні і композиційних колодках

Це свідчить про те, що гальмівний натискання 40 кН на 100 т маси поїзда не забезпечує погашення кінетичної енергії поїзда з урахуванням прискорення від спуску (ухилу). При гальмівному натисненні 50 кН на 100 т маси складу величина гальмівного шляху орієнтовно становить 5 км. При зниженні гальмівного натискання величини гальмівних шляхів отримують такі значення, які вже сумірні ні з довжинами блок-ділянок, але з довжинами перегонів, а при швидкостях {350 ... 450} км / год вони вже при середніх і невеликих гальмівних

силах {10. ..30} КН на 100 т маси поїзда отримують такі чисельні величини, які близькі до відстаней в 50 ... 100 км. У будь-якому випадку, система ІРРП при автоблокуванні, АЛС, АТ та інших технічних засобах повинна отримувати нові закономірності розподілом РЛ на світлофорні точки і блок-ділянки. У цих умовах, при високих швидкостях руху, автоблокування і авторегулювання пасажирського потоку потягів кілька видозмінює своє функціональне первісне значення. У цій проблемі особливу увагу належить величинам гальмових шляхів, які будуть здатні реалізовувати створювані системи гальмування швидкісних поїздів (рис. 2.5). Наряду з пошаговим інтегруванням розрахунку дійсного гальмівного шляху на основі диференціальних рівнянь руху поїзда в режимі тяги в режимі уповільнення (2.10,2.11), становить інтерес зарубіжний досвід тягових рохрахунків, в цьому числі за правилами.

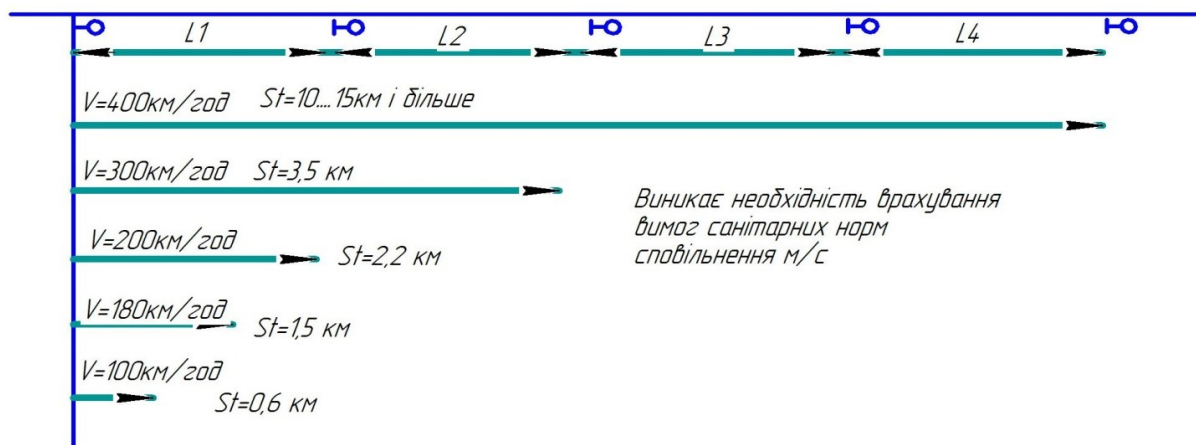


Рис.2.5. Довжини гальмівних шляхів при службовому гальмуванні і зростанні швидкостей руху пасажирського поїзда від 100 до 400 км/год і при гальмівному натисненні 40 КН.

Метод МСЗ, однак, як зазначають фахівці, не вирішує багатьох гальмівних завдань, пов'язаних зі швидкісним рухом. У зв'язку з цим в європейських країнах, в Україні, США, Японії проводяться експерименти з різними гальмівними системами. Можна зробити висновок що, з огляду на прискорення при розгоні цих поїздів і уповільнення при гальмуванні, необхідність забезпечення плавності ходу, гальмівні шляхи в зоні високих швидкостей мають, і будуть мати такі численні значення, які не дають можливості використовувати часті зупинки на проміжних

населених пунктах. Цей недолік швидкісних поїздів відзначають клієнти (пасажирів) швидкісних поїздів в Німеччині, Японії. Управління гальмуванням поїзда і силовий системою здійснюється з урахуванням всього інформаційного забезпечення, а інформація, що міститься в базі даних бортового комп'ютера, дозволяє виконувати тягові розрахунки в реальному часі і автоматично управляти рухом поїзда. Інформаційне забезпечення режиму підвищених швидкостей передбачає попередній аналіз всіх графікових нормативів з тим, щоб в бортовий комп'ютер надходила вже статистично стійка інформація, що забезпечує високий рівень надійності виконання маршрутного часу пасажирських поїздів. Виникає необхідність детального вивчення процесу переміщення поїздів з початкового стану в кінцевий стан при забезпеченні виконання графіка руху, причому нормативи графіка в свою чергу вимагають обґрунтування з використанням багатофункціональної інформаційної бази.

2.3. Критеріальні підходи до управління швидкісним рухом

Основними елементами графіка руху швидкісних поїздів і поїздів будь-якого іншого класу є часи розгону ((р), час усталеного руху - чистий час ходу (/ г), час уповільнення і гальмування ((з). Ці елементи визначають загальне комерційне час поїздки пасажирів (маршрутне час), яке видається в розкладі руху пасажирських поїздів. у швидкісних поїздах основні характеристики та режими руху визначаються в автоматичному режимі бортовим комп'ютером, які отримують інформацію з шляху і інформацію не схильні до ную коливань в реальному часі, координати початку і кінця об'єктів РЛ, горизонтальні і вертикальні криві, ухили лінії, дані про нейтральних вставках контактної мережі, місце розташування вхідних, вихідних і прохідних світлофорів, довжини рейкових ланцюгів. Перед відправленням поїзда в рейс бортовий комп'ютер отримує координати ділянок обмежень швидкості і іншу тимчасову інформацію.

Управління гальмуванням поїзда і силовий системою здійснюється з урахуванням всього інформаційного забезпечення, а інформація, що міститься в

базі даних бортового комп'ютера, дозволяє виконувати тягові розрахунки в реальному часі і автоматично управляти рухом поїзда.

Інформаційне забезпечення режиму підвищених швидкостей передбачає попередній аналіз всіх графікових нормативів з тим, щоб в бортовий комп'ютер надходила вже статистично стійка інформація, що забезпечує високий рівень надійності виконання маршрутного часу пасажирських поїздів. Виникає необхідність детального вивчення процесу переміщення поїздів з початкового стану в кінцевий стан при забезпеченні виконання графіка руху, причому нормативи графіка в свою чергу вимагають обґрунтування з використанням багатофункціональної інформаційної бази.

Для вивчення і встановлення стійких режимів руху швидкісних поїздів і пасажирських поїздів з підвищеними швидкостями руху, тобто для переведення об'єкта управління - поїзди, з початкового пункту (стану) в кінцевий пункт призначення доцільно використовувати математичні методи теорії оптимального управління та теорію перехідних процесів. Це методи колокації на базі диференціальних рівнянь руху поїзда в режимі розгону, усталеного руху, уповільнення, метод локальних варіацій, динамічного програмування і, при деякому спрощенні, принцип максимуму академіка Понтрягіна. В скороченому вигляді використовуються диференціальні рівняння при моделюванні режимів руху запишемо у вигляді:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dV}{dt} &= \xi f \\ \frac{dV}{dS} &= \frac{\xi f}{V} \end{aligned} \right\},$$

Для скорочення часу розрахунків використовувалися в даній роботі методи інтегрування рівнянь руху поїзда. В бортовий комп'ютер і в розклад руху швидкісних поїздів повинна вноситься інформація про деяку середньостатистичної, стійкої при коливаннях швидкості, нитці графіка як базової для управління рухом, а саме управління зводиться до мінімізації відхилень від цієї стійкої базової траєкторії руху при багаторазовій її реалізації на практиці.

Таким чином, критерієм оптимізації є не економія електроенергії (або дизельного палива при тепловозній тязі), а максимальне наближення | -ої реалізації траєкторії руху до базової траєкторії, інформація з якої є плановий графік руху і офіційно експоновані для пасажирів розклад руху прискорених пасажирських (з підвищеними швидкостями) і скорост них пасажирських поїздів.

Критерії, за якими оцінюються якісні параметри виконання базової траєкторії руху слід віднести до критеріїв 1-го роду; критерії, які оцінюють енергетичні витрати відносяться в області пасажирського руху до критеріїв 2-го роду: вони є вторинними по відношенню до критеріїв першого роду, які визначають конкурентоспроможність розглянутого пасажирського сполучення.

Критерії першого роду

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^n (\pm \Delta t_i^k) &= \left\{ \pm \sum_{i=1}^n (t_{i\delta}^k - t_{\phi i}^k) \right\} \Rightarrow 0 \\ \sum_{i=1}^n (\pm \Delta V_i^k) &= \left\{ \pm \sum_{i=1}^n (V_{i\delta}^k - V_{\phi i}^k) \right\} \Rightarrow 0 \\ \sum_{i=1}^n (\pm \Delta S_i^k) &= \left\{ \pm \sum_{i=1}^n (S_{i\delta}^k - S_{\phi i}^k) \right\} \Rightarrow 0 \end{aligned} \right\},$$

де $i = 1, 2, \dots, nk < n$;

$\pm \Delta t_i$ - відхилення в часі проходження контрольних точок на маршруті слідування швидкісного поїзда («+» - нагон, «-» - відставання від нормативної (базової) траєкторії;

$t_{i\delta}$ - контрольний час в і-ій контрольній точці шляху по базовій траєкторії;

$t_{\phi i}$ - фактичний час проходження контрольної і-ої точки маршруту;

n - число контрольних точок на маршруті прямування поїзда;

$\pm \Delta V_i$, - відхилення швидкості від нормативної в і-ій контрольній точці;

$\pm \Delta S_i$ - відхилення лінійних координат проходження поїздом.

$$\pm \Delta S_i^k = \pm \Delta t_{\phi i}^k \cdot \left| \Delta V_{\phi i}^k \right|, M$$

$S_{i\delta}^k; S_{\phi i}^k$ - базові і фактичні лінійні координати знаходження поїзда в і-тій

контрольній точці, м.

Величини мінімальних відхилень координат часу, швидкості та лінійних координат по всіх проміжних контрольних точках на підставі дослідних поїздок, варіантних розрахунків нормуються, і вони не повинні перевищувати встановлених нормативів

$$\left. \begin{aligned} 0 \leq (\pm \Delta S_i^k) \leq (\pm \delta S_i^k) \\ 0 \leq (\pm \Delta t_i^k) \leq (\pm \delta t_i^k) \\ 0 \leq (\pm \Delta V_i^k) \leq (\pm \delta V_i^k) \end{aligned} \right\},$$

де $\pm \delta S_i^k, \pm \delta t_i^k, \pm \delta V_i^k$ – відповідно нормовані відхилення координат траєкторії руху поїзда лінійного часу і швидкості.

До режимам руху швидкісних поїздів, до автоматичних систем управління, про всю інфраструктуру швидкісного руху, до виконання критеріїв пред'являються вимоги як до високоточних технологій. Відомо, що на залізничному транспорті критерії надійності, безпеки є першорядними. Однак це не виключає розрахунок і планування траєкторії ходу поїздів з вантажами нетермінової доставки з енергетичного критерію як найбільш дорогому ресурсу. Планування траєкторій ходу швидкісних поїздів і пасажирських поїздів інших категорій ґрунтується на організації безумовного їх виконання, оскільки розклад тісно пов'язане з зовнішнім середовищем залізниць, населенням.

Для вантажних потягів з вантажами не швидкісного призначення оптимальні програми ходу встановлюються по мінімуму витрат енергії.

$$A = \int_0^l UI \frac{dS}{V}, \quad T_H = \int_0^l \frac{dS}{V},$$

Теорія моделювання руху поїзда в будь-якому випадку зводиться до диференціальних рівнянь поїзда. Для швидкісних поїздів як об'єкта автоматичного регулювання необхідна попередня проробка і дослідження

перехідних режимів в процесі їх руху. Для цього будемо використовувати диференціальне рівняння виду

$$\frac{dV}{dt} = \xi [f_k(V, U) - \sum w(V) \pm i(S)],$$

де f_k - питома сила тяги, кгс; $\sum w$ - сумарний питомий опір руху, кгс / кН; i - додаткова сила прискорення «+» або уповільнення «-» від ухилу на маршруті руху поїзда, кгс / кН;

ξ - прискорення поїзда в км/год або в м/с при дії на нього сили в 1 кгс/кН; U - позиція контролера машиніста (керуюча змінна);

t - координата часу, (в годинах або хвилинах).

Управління поїздом як об'єктом зводиться до мінімізації відхилень координат V_j і S від нормативної траєкторії при виконанні критеріїв другого ряду - витрати електроенергії або дизельного палива, причому в автоматичному і бортовому автоматизованому управлінні, тобто управління тяговими і гальмівними системами, відхилення від базової траєкторії здійснюються на підставі отримання і переробки інформації від різних зовнішніх джерел (різні датчики, шляхові пристрої, підлогові інформаційні блоки і т.д.).

З позиції теорії автоматичного управління та математичної формалізації цей процес може розглядатися як узгоджений випадковий процес, при багаторазовому реалізації якого безліч випадкових впливів (коливання сил опору, напруги в контактній дроті і т.д.) створює сімейство траєкторій:

$$X_t(S)_{t>0} = X_t(E)_{t>0};$$

$$X_t(S)_{t>0} = (X_t(S), F_{t>0}),$$

$X_t(S)$ – лінійні і часові координати процесу;

$F_{t>0}$ – адаптоване сімейство траєкторій реалізації процесу руху на заданому відрізку часу

Оскільки на процес руху поїзда (рис.2.6) впливає безліч факторів, частина яких носить стохастичний характер забезпечення стійкості цього процесу необхідно нормативні параметри графіка встановлювати на безлічі / U_0 , причому при плануванні цих нормативів -в (маршрутно-времєні) повинен бути врахований «запас міцності» управління процесом. Він ґрунтується на найкращих і не на найгірших, з позиції критеріїв, реалізаціях процесу руху, а також при варіаційному методі моделювання руху.

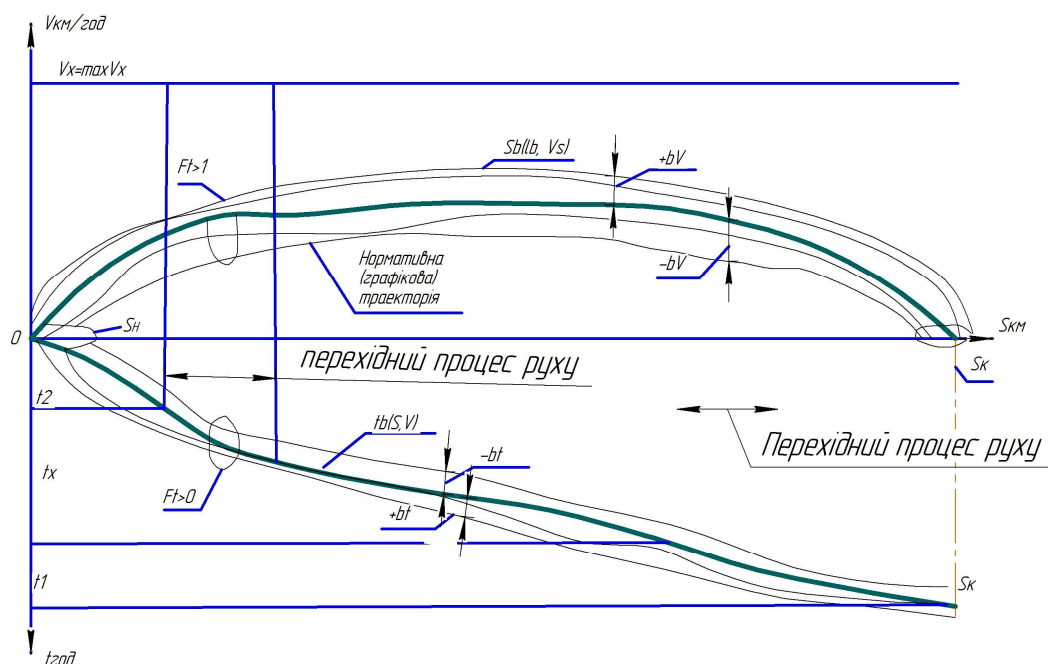


Рис.2.6. Узгоджений графік руху пасажирського поїзда і графіки базових траєкторій для встановлення нормативів швидкісних поїздів t_p, t_x

Виходячи з того, що траєкторії процесу руху швидкісних поїздів розглядаються як процес узгоджений, тобто близький до детермінованого процесу, необхідно враховувати, виходячи з практичних передумов, два види відхилень: відхилення, які виходять за межі якісних критеріїв виконання процесу руху швидкісного поїзда (критерій А) і деякі відносно невеликі відхилення, які виражаються критерієм (Б), величина відхилень може бути нормована на основі статистичних реалізацій, в результаті чого може бути проведена (встановлена) верхня і нижня межа цих відхилень. В рамках цих кордонів вважається виконання базової траєкторії руху швидкісного поїзда (рис. 2.7). Вихід

відхилень параметрів траєкторій за ці межі (\sim Б - СПІЗНЮЄТЬСЯ, + Е - НАГАНЯЄ) В ПУНКТИ ПРИЗНАЧЕННЯ Є ПОРУШЕННЯМ КРИТЕРІЮ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ РУХУ, ПРИЧОМУ ОСНОВНИМ ПОКАЗНИКОМ Є ПАРАМЕТР ЧАСУ /. КОНКРЕТИЗАЦІЯ НОРМОВАНИХ ВІДХИЛЕНЬ + Р /.

Таким чином, детермінований процес руху швидкісного поїзда це дві складові випадковості процесу: в рамках $\pm e$ - поїзд прийшов за графіком - відхилення в межах точності годин $x \pm 1,5$ хв, відхилення за межами кордонів $\pm e$ - поїзд спізнився або прийшов раніше розкладу, що в принципі є порушенням критерію якості. Наявність коридору + £ є деяким нормативом для розробки бортовий автоматичної системи управління, допускаючи при цьому деякий люфт в параметрах реакції руху поїзда на керуючі сигнали (впливу).

Оскільки ці відхилення розділені на макроотклоненія $\pm A$ і мікроотклоненія в межах точності процесу управління за заданою (базової) траєкторії, то доцільно використовувати для їх загальної кількісної оцінки функцію помилок $erfz$ виконання базової траєкторії, яка визначається як

$$erfz \equiv erf(-z) \equiv \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-\xi^2} d\xi = 2\Phi_U(z\sqrt{2}) - 1,$$

де z -величінаотклоненія (помилки) бортовий системиуправління швидкісним поїздом, яка може викликати відхилення траєкторії процесу руху $\pm e$ в допустимих межах або відхилення $\pm A$ в неприпустимих межах, коли ця помилка розглядається вже як брак у роботі системи управління.

Велику роль в забезпеченні якості процесу руху швидкісного поїзда грають параметри швидкості і часу. Функцію помилок в різних положеннях висловлюють через многочлен Ерміта [51].

$$H_k(Z) = \varphi_U^{(k)}(U) = \left(-\frac{1}{\sqrt{2}}\right) H_k\left(\frac{U}{\sqrt{2}}\right) \varphi_U(U),$$

Зменшення рівня помилки з ростом ступеня складає 30% для аналізувідхилень від базової траєкторії практичний сенс має $k = \{1, 2, 3\}$ і шах до $k = 5$,оскільки наявні функціональні залежності. Его рівняння буде відображати

точність виконання базової траєкторії руху, якщо автоматичне регулювання проводиться за параметрами. (Регулювання прискорення від прискорення), регулювання швидкості за допомогою прискорення і регулювання швидкості при різній величині ступеня до многочлена Ерміта.

2.4. Розвиток систем інтервального регулювання руху поїздів і критерії їх ефективності

Аналіз робіт фахівців з технології та управління перевізним процесом на залізничному транспорті виявив необхідність більш детального підходу в розгляді надійності транспортного потоку як виділеної транспортної системи. Проблема оціночних критеріїв і гарантії безпеки є головною в роботі залізниць. У зв'язку з цим необхідно розглядати поєднання і збіги ймовірностей відхилень від нормативної технології і нормативних правил управління - справжньою роботи стосовно швидкісним поїздам. Однак аналіз позаштатних ситуацій показує, що вони не в повній мірі піддаються формалізованому (математичним) описам. У кожному окремому випадку необхідно створення повних або Фрагментально моделей поїзних ситуацій.

Гарантований рівень безпеки зводиться не тільки до інтервального регулювання (регулювання тимчасових координат потоку), але і до автоматичного контролю просторових координат і рівня їх достатності для безпеки руху при безлічі швидкісних характеристик потоку в аналізованій ситуації. Велике значення має також проблема економічного збитку від освіти ненормативних (позаштатних) ситуацій, тобто проблема зниження цього збитку.

Проблема надійності на транспорті особлива в своєму роді і надійність технічних засобів це тільки частина в загальній оцінці надійності транспортного потоку, який є навантаженням на транспортні системи і сам є системою. Режимми пропуску поездопогоков регулюються не тільки технічними пристроями, але і диспетчерським персоналом (людський фактор). На надійність руху поїздів великий вплив мають дії диспетчера в ненормативних (позаштатних) ситуаціях.

Загальна теорія транспортних потоків вирішує дві складні завдання [104]. Перша - це визначення оптимального транспортного потоку на вже створеній транспортній мережі та її елементах. Якщо потік перевищує це значення, то транспортна мережа буде працювати в режимі перевантажень, що веде за собою відмови і збої руху транспортного потоку. Друга - це встановити оптимальну потужність мережі для заданих або прогнозованих транспортних потоків. Стосовно до швидкісного руху ця проблема зводиться до достатнього резерву пропускної здатності, дослідженню цієї ступеня достатності для безпечної реалізації шахУх.

Зайнятість блок-ділянок поїзними рейсами може бути описана випадковим розподілом експонентного виду

$$\sum h = Ne^{-a},$$

де N і a - емпіричні параметри розподілу.

Стосовно до низько- і середньошвидкісних залізничних транспортних потоків при їх високій інтенсивності цю задачу на підставі математичної теорії транспортних потоків розглянемо в роботі. Слід зауважити, що завдання про оптимальну щільності (a , отже, і інтенсивності) поездопотока поки залишається невирішеною.

Одна з можливих ситуацій зниження нормативних швидкостей руху поїздів в згущеному потоці, викликана параметричних відмовою попереду поїзда, що йде, показана на рис. 2.7.

Цілком очевидно, що на швидкісних лініях можна реалізувати високі ходові швидкості за умови достатніх часових запасів пропускної здатності γ і достатнім ступенем видалення швидкісних поїздів один від одного, тобто низькими величинами щільності поездопотока λ в розрахунку на 1 км швидкісної лінії.

На рис. 2.7. приведена частина графіка руху поїздів зі збійної ситуацією: починаючи з 21- по станції «Г», що їхав попереду поїзд пішов зі зниженою швидкістю, сповільнюючи потік ззаду йдуть поїздів.

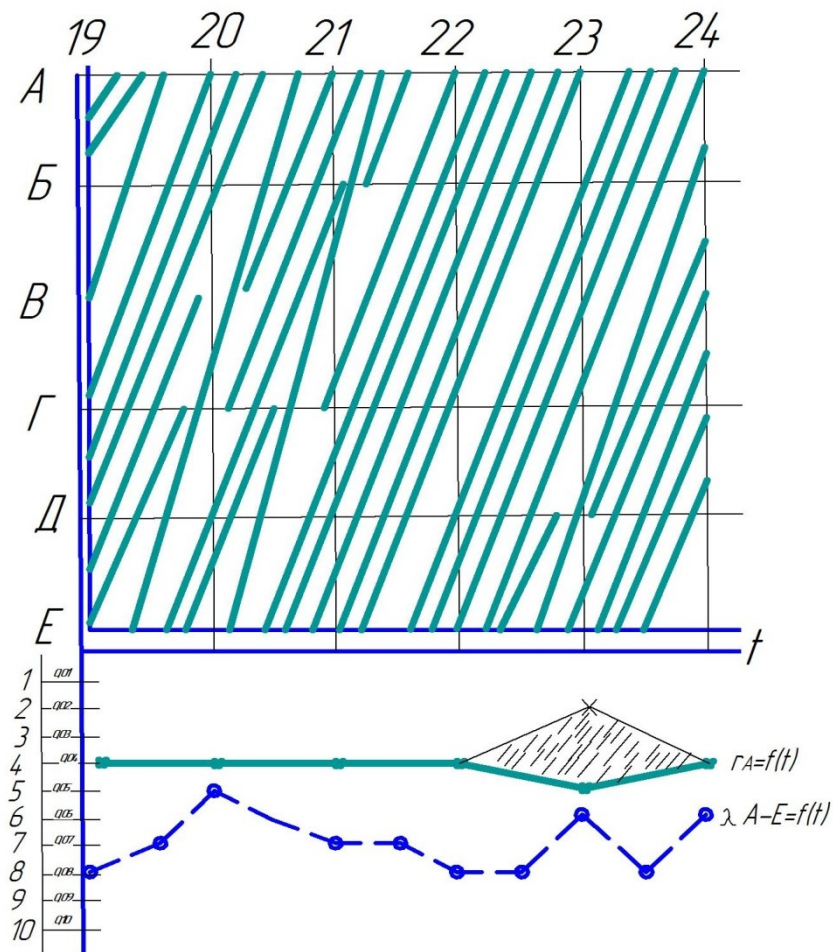


Рис.2.7. Фрагмент графіку руху поїздів за період 19-24год. на якому пройшов збій у виконанні нормативної швидкості

Наведений на рис. 2.8 «графік зміни швидкості руху поїздів: до 2100 без збоїв і після настання збою (пунктирна лінія). У нижній частині рис. 2.8 наведені графіки функцій інтенсивності $\Gamma = f(t)$ і щільності поездопотока $\lambda = f(t)$. Пунктирною лінією виділено зниження нормативної швидкості. Завдання про оптимальні значеннях щільності λ стосовно поїзного транспортному потоку буде розглянута в роботі.

Одним з ефективних шляхів підвищення показників роботи залізниць є вдосконалення систем управління рухом поїздів. Впровадження нової технології управління можливо тільки при наявності технічних засобів диспетчерського управління, що дозволяють оперативно в Відповідно до цієї технології управляти

рухом поїздів. Технічна швидкість руху поїздів при заданих параметрах визначається в значній мірі функціональними можливостями системи управління рухом, а саме, її здатністю точно відслідковувати постійні і тимчасові обмеження швидкості. Безпека руху також істотно залежить від надійності роботи систем автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС) і автостопу (АС), АБ і ЕЦ, в цілому всієї системи інтервального регулювання руху поїздів (ІРРП).

Система АБ включає підлогові і станційні (при централізованому розташуванні апаратури) пристрої, що реалізують контроль цілісності і вільності ділянок рейкової лінії огорожувальні (блокуючі) їх за допомогою підлогових або локомотивних візуальних сигналів, наприклад, вогнів світлофорів, коли вони опиняються зайнятими або несправними. В умовах швидкісних ліній роль систем АБ значно змінюється в зв'язку з автоматичним управлінням поїздом і створенням прямого взаємозв'язку координат впередидущого поїзда з попутноспіваючим. Системи АБ для швидкісного руху реалізуються різними технічними засобами і знаходяться в даний час в стадії активної розробки

Рейкова лінія спільно з передавачем і приймачем сигналів контролю її стану утворюють комплекс пристроїв контролю стану рейкової лінії (КРЛ). Складовою частиною будь-якої системи КРЛ є рейкове коло, що визначається сукупністю рейкової лінії і навантажень, підключених до її кінців. Разом з системами АБ роль відповідальних систем (КРЛ) також видозмінюється.

Система АЛС є комплексом технічних засобів, автоматично здійснюють передачу від підлогових до локомотивних пристроїв інформації про показання підлогових сигналів і відображають її на локомотивному індикаторі, зокрема на локомотивному світлофорі. Практично всі системи АЛС доповнюються автостопами, в яких здійснюється порівняння фактичної швидкості поїзда з максимально допустимою (по поїзної ситуації) на даній ділянці швидкістю руху, а також з контролем пильності машиніста. При перевищенні швидкості поїзда рівня швидкості контролю пильності автостоп виробляє машиністу попереджувальні сигнали про необхідність підтвердити свою пильність, наприклад, натисканням на рукоятку пильності; при відсутності підтвердження пильності включається

екстремне гальмування.

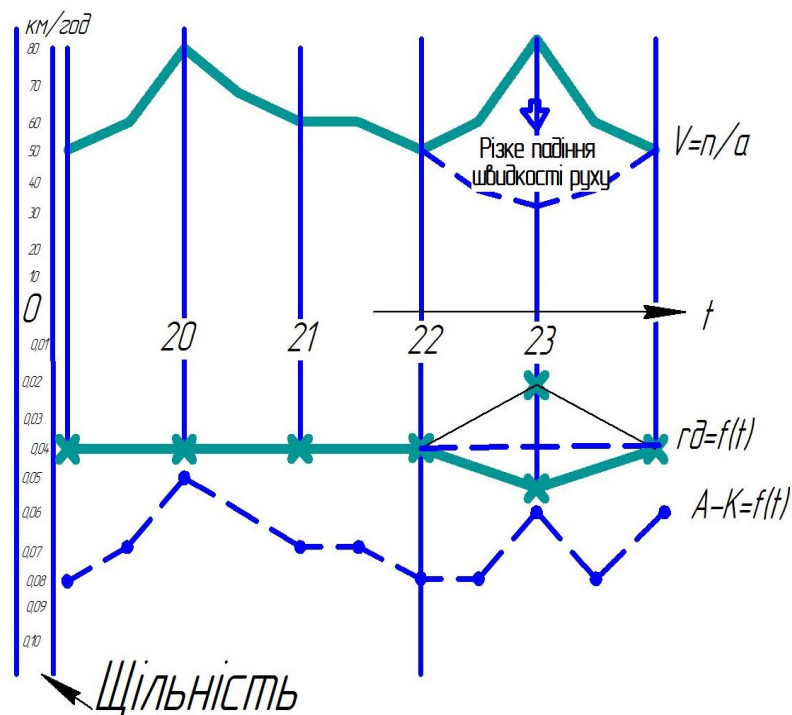


Рис.2.8. Коливання швидкості руху в залежності від змін щільності та інтенсивності транспортного потоку в системі ІРРП

Системи АБ, АЛС і АС отримали назву систем інтервального регулювання рухом поїздів (ІРРП), так як саме ці системи визначають часовий і просторовий безпечний інтервал попутного прямування між поїздами. При цьому інтервал між двома сусідніми попутно наступними потягами вважається безпечним, якщо його величина дозволяє виключити їх зіткнення при зниженні першим поїздом швидкості темпом екстремного або повного службового гальмування. При швидкостях руху вище 200 км / год починається перехід на нові принципи і системам ІРРП для швидкісних поїздів. У цих випадках «простір», що розділяє поїзди один від одного, має резервуватися. Величини гальмівних шляхів у зв'язку з необхідністю виконання нормативних вповільнень збільшуються до значень виходять за межі довжин перегонів між станціями,

Безпечний мінімальний інтервал I_k залежить від характеристик поїздів, час перевезення і систем ІРРП і також повинен резервуватися. Цим забезпечується

гарантована безпека руху поїздів на випадок несподіваної перешкоди на попереду розташованій «разделительном просторі». Ці вимоги викликаються високими швидкостями руху швидкісних поїздів.

Таким чином, традиційні системи ІРРП здійснюють: автоматичний контроль цілісності і вільності рейкових ліній; автоматичну передачу результатів контролю на індикатор машиніста локомотива; огорожу зайнятих або пошкоджених ділянок колії; ступінчастий абсолютний контроль швидкості; перевірку пильності машиніста; автоматичне зниження швидкості поїзда темпом екстреного гальмування при перевищенні швидкості або при втраті машиністом пильності. Зарезервоване простір між потягами має забезпечувати достатній рівень захисту попутно наступних поїздів в пакеті і неприпустимість входу в цей простір, що йде позаду поїзда на випадок раптової зупинки попереду поїзда, що йде, раптово виниклої перешкоди, можливих функціональних знижень параметрів гальмівних систем.

Функціональним недоліком традиційних систем є те, що режим контролю пильності машиніста в умовах високих швидкостей і інтенсивності руху не виключає проїзд поїздом світлофора з червоним вогнем. Іншим недоліком традиційних систем є відсутність прицільного автоматичного службового гальмування в місцях обмеження швидкості станом нуги або поїзної ситуації, що не дозволяє реалізувати максимальну технічну швидкість поїзда. Третім недоліком широко експлуатуються систем є відсутність автоматичних або автоматизованих пристроїв відстеження оптимальних, наприклад, в енергетичному сенсі, траєкторій руху поїзда по перегону. Цими недоліками визначається необхідність переходу на нові системи автоматичного управління, регулювання та резервування, на швидкісних лініях.

В результаті технічної реалізації автоматичного абсолютного контролю швидкості з прицільним службовим гальмуванням розширені функції автостопу, який трансформувався в автоматичну систему управління гальмами, безумовно, і прицільно знижує швидкість поїзда в позначках обмеження. Автоматизація функцій машиніста з розрахунку оптимальної в енергетичному сенсі траєкторії

руху поїзда для заданого часу його ходу по базовій траєкторії руху поїзда і її відстеження привела до створення нових пристроїв і систем ІРРП, які отримали назву пристроїв автоведення поїзда.

Удосконалення систем ІРРП стимулює, робить актуальною подальшу розробку теорії графіка руху поїздів в автоматичних системах ІРРП, що включає наступні основні розділи: критерії та методи оцінок перехідних процесів від менших швидкостей до великих і навпаки, якості систем і процесів інтервального регулювання; технологічні алгоритми і структури систем ІРРП; методи технічної реалізації апаратури систем ІРРП на релейного і сучасної мікроелектронної бази. Таким чином, системи ІРРП виконують дві основні функції - забезпечують безпеку руху та оптимізують його по заданому критерію. Тому якість цих систем в повній мірі може бути оцінений кількома критеріями, одні з яких кількісно відображають безпеку руху, а інші - ефективність роботи залізниць,

Найбільші труднощі викликає кількісна оцінка безпеки руху поїздів. До недавнього часу приймалося, що ймовірність виникнення небезпечних поїзних ситуацій через відмови апаратури і в результаті дії перешкод в каналах правильно спроектованих систем ІРРП дорівнює нулю. Однак, як зазначається, практика експлуатації АБ і АЛ З багаторазово спростовувала правильність такого припущення. Критерій оцінки безпеки повинен мати імовірнісний характер, при цьому нормативне значення його повинно визначити нижній рівень безпеки руху.

У цій роботі і зв'язку з цим розробляються теоретичні підходи до обґрунтування перехідних процесів руху поїздів, а також базових (графікових) траскторій процесу руху, які вже виконуються вже не машиністами локомотивів, а комп'ютерними бортовими і підлоговими системами. Звідси випливають вимоги до точності реалізації базових траєкторій, які представляють вихідний інформаційний блок апаратури автоматичного ведення швидкісного поїзда.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛЮВАННЯ РУХУ ПОЇЗДІВ

3.1. Режими руху прямуючих поїздів

Нехай ми маємо традиційну схему 2-х попутно прямуючих поїздів (рис. 3.1), коли виконується режим руху попутного поїзда «під зелений і на зелений», тобто коли поїзди розділені блок-ділянками («вільний простір» - три блок-ділянки).

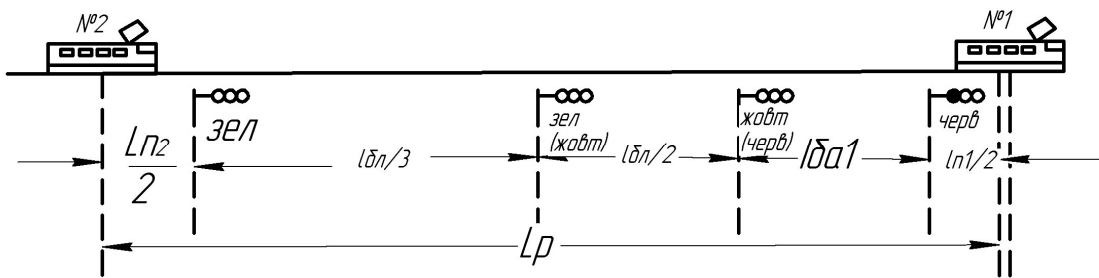


Рис.3.1. Схема розташування двох попутно-прямоуючих поїздів в пакеті при автоблокуванні і тризначній системі сигналізації

Умовність і невизначеність розрахункової «Схеми 1» визначається наступними факторами: - невизначеністю прийнятої величини швидкості V_x . Крім того, апріорно передбачається, що швидкість V_x відноситься до поїзда №2; - невизначеністю режимів руху поїздів №1 і №2, апріорно передбачається, що Г, - г, неясністю ступеня стаціонарності і статистичної стійкості руху по «Схемі 1»; невизначеністю управління поїздами №1 і №2, апріорно передбачається, що управління ручне, здійснюване машиністом, а сприйняття сигналів здійснюється візуально машиністом і його помічником; невизначеністю поїзної ситуації попереду поїзда, що йде №1, ступеня свободи лежить попереду «вільного простору» та іншими факторами.

Можливі такі режими взаємодії поїздів №1 і №2: швидкості $V_{x1} \wedge V_{x2}$ - ідеальний варіант, який мається на увазі, що розглядається схемою, а сама схема являє миттєвий «зліпок» на момент t_i ;

Швидкість $V_1 > V_2$ - тоді обидва поїзди рухаються в режимі збільшення розрахункового і фактичного відстані L_p між потягами, коли «вільний простір» і «вільний час», що розділяють попутноспіваючі поїзди зростають; швидкість $V_1 < V_2$ - рух поїздів, коли поїзд №2 наганяє поїзд №1, а «вільний простір» і «вільний час» між поїздами скорочується пропорційно різниці швидкостей, в результаті чого вплив показань світлофорів стають більш відповідальними, оскільки режим їзди «під зелений і на зелений», починаючи з деякого моменту t_0 , змінюється на режим їзди «під зелений на жовтий» і якщо поїзд №1 продовжує рухатися зі швидкістю $V_1 < V_2$, то цей режим зміниться для поїзда №2 їздою «під жовтий на червоний».

Режим руху попутно наступних поїздів, коли $V_1 \sim V_2$, можна вважати (достатнім для практичних цілей) стаціонарним. В цьому режимі цей процес з позицій реалізації на кожен момент часу її величини інтервалу між поїздами t , і що розділяє їх простору - відстані L , в середньому не змінюються, тобто математичне очікування $m \sim L^2$ і воно не залежить від L , «кореляційна функція $R(t)$ не буде залежати від тимчасових зрушень, тобто в цьому режимі пропуску потоку інтервали між попутними поїздами інваріантні один одному, також і розділяють поїзди відстані незалежно від того чи йдеться про безперервну або дискретну часі. Швидкість руху попутних поїздів в цьому режимі в середньому носить стійкий характер.

Для стаціонарного процесу можуть бути поставлені завдання лінійного прогнозування координат руху поїздів і екстраполяції цих координат на наступні періоди часу. У цьому випадку спрощується управлінський процес в системі ІРРП для всіх періодів часу в майбутньому, якщо цей режим буде залишатися стійким. Ця важлива закономірність системи управління і регулювання поездепотоків.

Однак, як показує аналіз конкретних виконаних (фактично реалізованих) процесів руху поездепотоків стаціонарний режим є нестійким: він періодично змінюється режимами, коли координати рухомих в потоці поїздів залежать від того, в якому саме періоді часу t визначаються ці координати. Найбільш несприятливим за критерієм безпеки є режим, коли швидкість попереду поїзда,

що йде U_{x1} менше швидкості ззаду йдуть поїздів, коли координати цих поїздів не лінійно скорочуються по t , і по x , (невільний режим руху). Реалізована в потоці швидкість з плином часу знижується. У математичній теорії транспортних потоків стосовно до будь-якого потоку це зниження не визначене в явному вигляді, через величину до в рівнянні Хейта.

Зміна режимів руху поездопотока за величиною координат траєкторії будь-якого поїзда в потоке носить випадковий характер, оскільки заздалегідь не відомо, який саме поїзд через параметричних відмов або з інших причин почне рухатися зі швидкістю меншою, ніж нормативна, стримуючи ззаду що йде потік. У загальному вигляді можна вважати, що освіта чинників зниження швидкості в поездопотоках не залежить від системи ІРРП. Суть питання полягає в тому, щоб система регулювання потоку і світлофорна, і електронна автоматична адекватно і вчасно реагувала б на необхідність зміни швидкості.

В системі ІРРП гальмівний шлях l_t є параметром регулювання поряд з щільністю, інтенсивністю потоку і іншими технічними параметрами. У розділі 2 показано, що величина l_t , в силу різноманіття впливають параметрів на є строго детермінованою величиною навіть для гальмівних систем швидкісних поїздів, тяговеексплуатаційні випробування яких в країнах, що експлуатують ці поїзди, повністю не завершені. Гальмівний шлях в системі ІРРП відіграє особливу роль для нестандартного режиму $U_{x1} < U_{x2}$. Можливість істотного відхилення від стаціонарного режиму міститься і в тому випадку, якщо $U_{x1} > U_{x2}$, коли координати попереду і ззаду йдуть поїздів $x(t)$ не скорочуються, а збільшуються. Однак, існує ймовірність $P > 0$,

Вихід зі стаціонарного режиму руху поїздів в потоці викликає необхідність розгляду різних систем ІРДГ1 за рівнем їх захисту (блокування), а також дослідити зниження швидкості руху поїздів в потоці в зв'язку з періодично виникаючими в процесі руху нестаціонарними режимами, коли поездопотоков вимушено переміщається зі зниженими швидкостями.

При зростанні швидкості U , наприклад, до 120 км / год, інтервал між поїздами при розрахунковому відстані 6000 м складає (але «Схемі 1» рис.3.1) 3

хв., Тоді як але рекомендації чл. кор. АН України В.Г.Іноземцева [37] при цій швидкості пасажирських поїздів мінімальний інтервал за умовами гальмівних засобів не повинен бути меншим 4,5 - 5 хв. Отже, ця схема при зростанні швидкості як би вироджується незалежно від тих факторів невизначеності, які відзначені раніше. Для підвищення стійкості розрахункової схеми стосовно більш різноманітним ситуацій взаємодії попутноспіваючих поїздів необхідно збільшувати блокуючий - захищає один поїзд від іншого - ресурс. Необхідність цього підтверджується ще і тим, що подальше зростання швидкостей призводить до таких значень інтервалів, які визначаються за формулою і які зменшуються до 1, $U_x = 1 \text{ \$ } 0 \text{ км / ч}$, 1,62 хв при $U_x = 200 \text{ км / год}$, 1,3 хв при $U_x = 250 \text{ км / год}$, що свідчить про повну неприйнятність «Схеми 1» для інтервального регулювання швидкісних поїздів. Виходячи з цього треба було збільшувати кількість значень сигналізації автоблокування, яку [37] рекомендується розраховувати за формулою

$$p = 3 + \frac{\max V_{ск}^2 - (\lambda V_{скж})^2}{2S_c a_{сл}} + \frac{V_{ск} t_{асл}}{S_c},$$

де $\max V_{ск}$, $V_{скж}$ - відповідно максимальна швидкість швидкісних поїздів і швидкість цих поїздів при проходженні при жовтому вогні світлофора;

$t_{асл}$ - время на спрацьовування АЛС і реакцію машиніста при службовому гальмуванні;

$a_{сл}$ - середнє уповільнення при службовому гальмуванні, км / год;

S_c – довжина блок-ділянки – середня на гальмівному шляху, км;

λ - коефіцієнт запасу, що враховує надійність зниження швидкості, $\lambda = 0,85 - 0,9$.

Так, для швидкості ГСТ, $= 250 \text{ кі / ч}$; $L_{Ускж} = 50 \text{ К} \gg 1 \text{ ч}$; $5^{\wedge} = 2 \text{ кк}$; $A_{СЛ} = 0,001 \text{ км / с'}$; $1ж1 = 3с = 0,0008 \text{ л}$, величина $p = 3,2 \gg 4$, Г.Є. необхідна чотиризначна сигналізація, якої в даний час, обладнані багато вітчизняних швидкісні лінії разом з системою АЛС і системою автостопу.

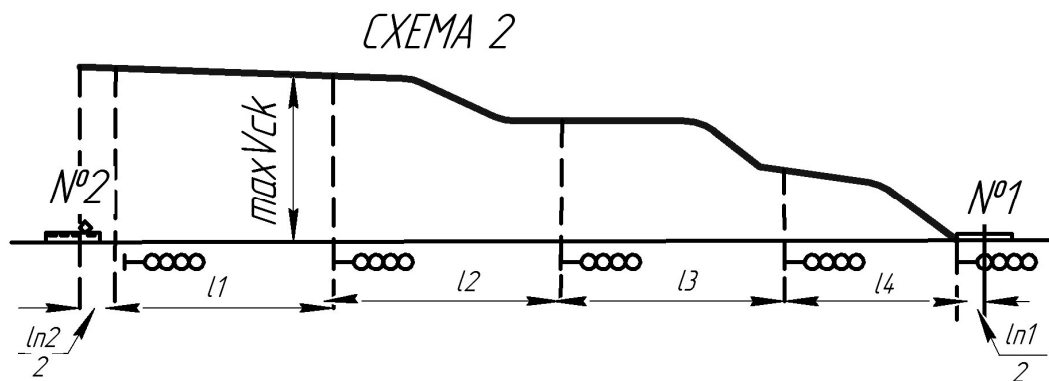


Рис.3.2. Чотирьохзначна система сигналізації при розділенні попутно-слідуючих поїздів блок ділянками (без резервування)

Сигнальна інформація прохідних світлофорів в закодованому вигляді в поєднанні сигнальних вогнів містить відомості про стан лежать попереду блокувальних ділянок, забезпечуючи, таким чином, автоматичне інтервальне регулювання. Якщо, наприклад, допустити при швидкості $U_{ср} - 120 \text{ км / год}$, а при швидкостях $160 \text{ км / год} - 3,15 \text{ хв.}; 180 \text{ км / год}$.

За останні 20 років схеми автоблокування (АБ) отримали різноманітні варіанти удосконалення та розвитку [44,57,62] на базі реалізації схем релейного логіки, релейних контактних і безконтактних (дискретних та інтегральних) логічних елементів І, АБО, НЕ, АБО-НЕ, мікропроцесорних систем, що забезпечують логічні зв'язки між прохідними світлофорами 3-х і 4-х-значних сигнальних систем АБ і передачу інформації про стан відповідно 3-х і 4-х блокуючих ділянок. У кодових системах АБ завдяки безперервній зв'язку колійних пристроїв з локомотивними в будь-якому місці кожного блок-ділянки безперервні системи АЛС дозволяють створити найбільш сучасні системи автоматичного регулювання (САР).

Складність ІРРП при зростанні швидкостей руху полягає в тому, що управління рухом і САР взаємопов'язані і являють собою функціонально дві компоненти: управління маршрутами із забезпеченням достатнього для безпеки руху відстані між поїздами з урахуванням довжин гальмівних шляхів, які також є

функцією швидкості, і управління власне поїздом із забезпеченням виконання нормативів швидкості відповідно до графікової траєкторією. Таким чином, завдання управління маршрутами складається в установці і блокування вільного маршруту достатньої довжини. Це принцип реалізується за допомогою «розмежування простором» з виконанням вимоги «на одному просторі - один поїзд»: чим більше швидкість, тим більше потрібно простір. В сучасних умовах і технічному прогресі в області ІРПП на цьому просторі повинен бути один сигнал, надійність якого забезпечується системою автоматичного регулювання не візуально, тобто «Електронної видимістю». Отже, при великих швидкостях, система управління безпекою є першим і головним критерієм, а пропускна здатність повинна розглядатися як провідний, що забезпечує задану максимальну швидкість руху ресурс.

Другий компонент - безперервне управління рухом в автоматичному режимі. Вітчизняні та зарубіжні концепції систем ІРПП забезпечують безперервне управління і звільнення маршруту з орієнтуванням на хвіст поїзда. Це досягається за допомогою переходу до технічної реалізації мікропроцесорних систем, розділяючи канали АБ і АЛС між собою і зі станціями здійснюючи по рейковим ланцюгах і по одній двухпроводной лінійної ланцюга, використовуючи модульну структуру АБ і створення системи автоматичного регулювання швидкості (АРС) забезпечує точні і плавні зупинки на станціях, коли необхідність в прохідних світлофорах на спеціалізованих швидкісних лініях відпадає. Навіть при не самих високих швидкостях, наприклад до 250 км / год, процес розгону і гальмування розтягується в часі до 35 - 42 хв.,

Постійні сигнали на перегонах в новітніх системах ІРПП стають допоміжними, втрачаючи своє колишнє призначення. Однак вони відіграють основну роль для вантажного, низько- і середньошвидкісних пасажирського руху в умовах, коли локомотиви не обладнані АРС. Нові системи вимагають переобладнання всієї інфраструктури ІРПП і СЦБ.

3.2. Захист попутно-прямоючих поїздів в пакеті часу при чотиризначній сигналізації з резервуванням двома блок-ділянками

Чотиризначна система сигналізації, розглянута раніше в роботі і наведена на рис. 3.2., вже при швидкості 120км/год створює розділення часом (інтервалом) в 4,2 хв. на лінії міжнародного транспортного коридору через м. Київ.

Дещо інша ситуація складається з пропуском пакета поїздів №2 і №4. Потяги №2 і №4 (рис. 3.3) покладені паралельним графіком: інтервал по відправленню і інтервал по прибуттю становить 4 хв. Швидкість обох поїздів склала 76,5 км / год. Якщо допустити поділ поїздів по «Схемі 1» (рис.3.1) і прийняти середню довжину блок-ділянки $C_s = 1,8\text{км}$, то за формулою при швидкості 76,5 км / год інтервал складе ($\Delta = 600 \text{ м}$) $VЗП = 0,06 \cdot 60 + 0,05 = 4,8 \text{ хв}$, тобто при цій невеликій швидкості він виходить на 0,8 хв. більше графікових інтервалу. Отже, в графіку 98 / 99г.г. був закладений інтервал між поїздами №2 і №4 менш розрахункового, якщо в якості основи приймати «Схему 1». При чотиризначною системою сигналізації підтверджує необґрунтованість графікових інтервалу, величина якого дорівнює 4 хв.

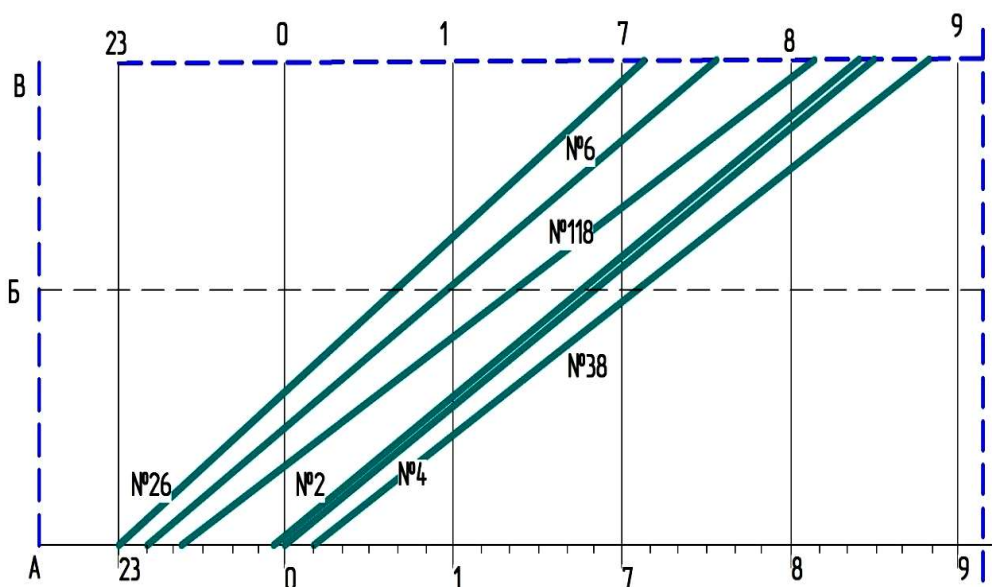


Рис.3.3. Варіанти взаємодії попутно-прямоючих поїздів за графіком на прикладі швидкісної лінії

При зростанні середньої швидкості до 120 км / год, розрахунковому відстані по «Схемі №2», інтервал скоротиться до 4,4 хв. Таким чином, поїзди №2 і №4 в графіку 1998 / 99г.г. були покладені виходячи з значній мірі ризику і теоретичного припущення, що ймовірність раптового перешкоди $R_{п} = 0$ і що гальмівні системи поїздів №2 і №4 є абсолютно надійними. Така величина інтервалу не дозволяє збільшувати швидкість. Крім того, ці поїзди покладені на основі існуючої концепції розрахунку інтервалів - поділу попутно наступних поїздів часом, при якій приймається правило: чим вище швидкість, тим менше інтервал і тим вище пропускна здатність, яке в умовах швидкісного руху не повністю узгоджується з теорією надійності.

Наявність резервів - вирішальний показник роботи транспортних систем. Резервування - метод підвищення надійності об'єкта введенням надмірності - додаткових можливостей для гарантованого забезпечення безпеки руху швидкісних поїздів. За останнім досвіду роботи швидкісної лінії, розглянемо «Схему 3» сигналізації при поділі попутно наступних поїздів №1 і №2 шістьма блок-ділянками, два з яких є резервними для створення можливості підвищення межпоездної інтервалу. ці резервні блок-ділянки огорожені світлофорами А і Б (рис.3.4).

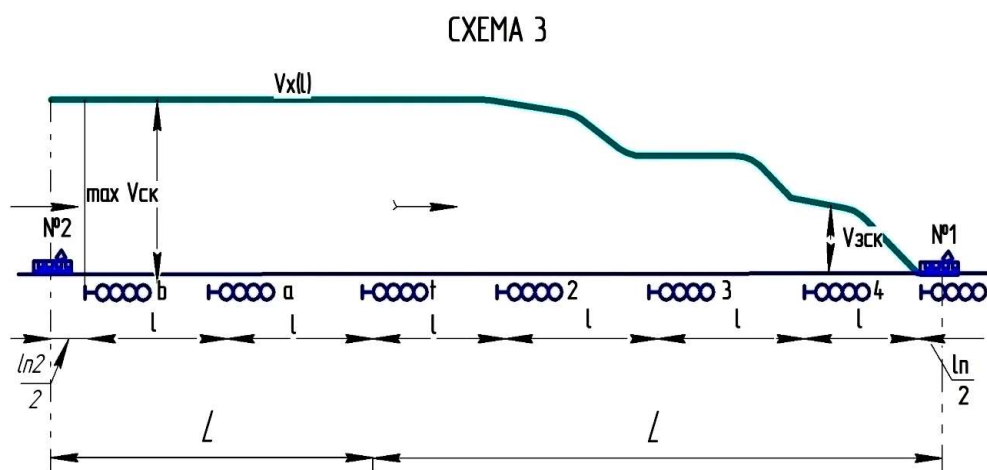


Рис.3.4. Резервована схема сигналізації при розділенні попутно-прямуючих поїздів блок-ділянками, дві з яких реалізують функцію надмірності для підвищення надійності та безпеки швидкісних поїздів (блок-ділянки а і б)

Організація руху поїздів на залізничних лініях, обладнаних системами автоблокування, пов'язана з необхідністю вирішення двох видів взаємопов'язаних завдань захисту одного поїзда від іншого:

- 1) з'ясування питання про те, яку відстань між попутно наступними потягами має зберігатися в процесі руху (захист відстанню), щоб забезпечити контроль цієї відстані і повну безпеку руху;
- 2) який мінімальний інтервал часу між поїздами має реалізуватися (захист часом).

Ці завдання при швидкостях до 120 км / год і в усякому разі на лініях зі швидкостями пасажирських поїздів до 200 км / год вирішуються шляхом такої розстановки сигнальних точок (а при великих швидкостях контрольно точок), щоб забезпечити задану величину захисту одного поїзда в пакеті від іншого часом (інтервалом) і розрахунковим межпоездною відстанню (захист відстанню), причому діапазон швидкостей 120-200 км / год можна розглядати як перехідний до автоматичних систем інтервального регулювання і автоматичного управління рухом ско остних поїздів. Розглянуті раніше витрати ресурсів часу і простору, тобто в кінцевому вираженні витрати пропускної здатності як деякого кумулятивного сукупного ресурсу ставилися в раніше виконувалися розрахунках на один поїзд. Далі, в наступному пункті, розглянемо захист відстанню попутно наступного поїзда в пакеті

3.3. Системи ІРРП в різних режимах руху потягів

Модуль графікової траєкторії ІРРП швидкісних поїздів відбивається в графіках руху кожного поїзда з відображенням інформації для використання пасажирями на вокзалах, а також в програмному блоці системи управління поїздами, в тому числі в системах автоматичного управління (САУ). Це модуль або вектор управління містить основні параметри, що забезпечують ведення швидкісних поїздів по графікових траєкторіях, що забезпечує якість процесу руху, а також виконання критеріїв надійності, безпеки і комфорту пасажирів.

Первинний функціональний параметр швидкісної лінії - швидкість - є загальносистемним показником функціональних можливостей колії, контактної мережі, тягово-експлуатаційних характеристик тягових двигунів швидкісного поїзда, потужності його гальмівної системи, санітарних норм, вимог комфортності поїздки не допускають перевищення прискорення (уповільнення) в процесі зміни режимів руху та інших факторів. Велика роль в реалізації швидкості відводиться системі сигналізації і САУ.

Для кожного інвестиційного проекту збільшення швидкості і технічного оснащення лінії може бути передбачена оптимальна конкретна схема ІРРП, управління режимами руху і конкретні параметри модуля (вектора-рядка). Модифікація (перетворення) лінії в швидкісну вимагає реінжинірингу і зміни початкових параметрів. Тому складові показники не можуть розглядатися в статистиці: зростання швидкостей вимагає зміни систем, що забезпечують реалізацію швидкості руху на практиці. Забезпечення гарантованої безпеки викликає необхідність у витратах додаткових захисних ресурсів часу в вигляді деяких стандартизованих збільшень ресурсу часу (інтервалу), а також межпоездної відстані, його резервування.

Другою частиною моделі системи ІРРП 4/4 без резервування є її частина, відповідна режиму розгону швидкісного поїзда. В цьому режимі траєкторія зміни функції $U_x - / (t)$ нелінійно зростає пропорційно прохідності відстані до досягнення моменту часу і відповідної координаті відстані, коли поїзд досяг швидкості U_x , тобто до того моменту, коли рух в режимі розгону досягне режиму сталої швидкості. Апроксимуємо цю функцію швидкості розгону орієнтовно (лінійно), середня її величина за період розгону складе $0,5 (U_{ПХ} + U_x)$. Може бути визначена її більш точна величина методом покрокового інтегрування відстані розгону (або часу розгону) тяговими розрахунками.

Третьою частиною моделі системи ІРРП 4/4 є модель уповільнення (гальмування), яка є дзеркальним відображенням моделі розгону, хоча вона істотно відрізняється за своїми параметрами від показників режиму розгону в силу того, що реалізується цей режим не тяговими двигунами, а гальмівною

системою поїзда. В цілому, три частини моделі ІРРП 4/4 визначають режим руху поїзда між двома послідовними зупинками на станціях. Виходячи з того, що швидкість 120 км / год є допустимою на більшості ліній, де здійснюється рух пасажирських поїздів, доцільно прийняти цей стандарт швидкості в якості вихідної для розробки і розрахунків інтервального регулювання швидкісних поїздів.

Вибір варіанту визначається характером лінії і середньою швидкістю, яку необхідно реалізувати в поїздопотоках. Такі величини міжпоїзних інтервалів часу характеризують технічний общесистемное забезпечення безпеки при реалізації швидкості тахти, = 120 км / год і більше. Однак, якщо швидкість буде збільшуватися, то захист відстанню і часом інтервалу при зростанні швидкості помітно скорочується. Зростання швидкості більше 120 км / год буде викликати скорочення часу захисту попутно наступних поїздів. Також скорочує умови вільного режиму руху та умови безпеки при позаштатних ситуаціях і в інших випадках порушення стандартних режимів руху, створює необхідність збільшення захисних ресурсів.

Більший рівень захисту відстанню і часом, тобто ступеня блокування попереду поїзда, що йде від йде позаду і йде позаду від попереду потяга в разі порушення режиму руху (зменшення швидкості попереду поїзда, що йде чи інших випадках, більш важких) забезпечується на практиці схемою сигналізації 4/4 + один резервний блок ділянку (система 5 / 5) або системи 4/4 з резервуванням двома блок-ділянками (сигналізація і блокування 6/6). Базова модель цієї системи сигналізації представлена на рис. 3.5. для варіантів усталеного руху з максимальною швидкістю (рис.3.9.а), режиму руху при розгоні (рис.3.5.б) і уповільненні (рис.3.5.в).

Однак, як показано рівень захищеності (блокування) спереду і ззаду йдуть поїздів в пакеті відстанню і часом при традиційній системі регулювання різко скорочується зі зростанням швидкості, тобто виділений ресурс часу і в розрахунку на один поїзд повинен мати варіанти всередині однієї схеми ІРРП або, при необхідності може бути здійснений перехід до схеми зі збільшеним ресурсом. При

електронній системі регулювання підтримку нормативних режимів має здійснюватися автоматично. Однак взаємодія в пакетах поїздів, що прямують з інтервалами ϵ^{\wedge} , має бути і нібито буде абсолютно синхронним, що з практичної точки зору є важко реалізованим умовою.

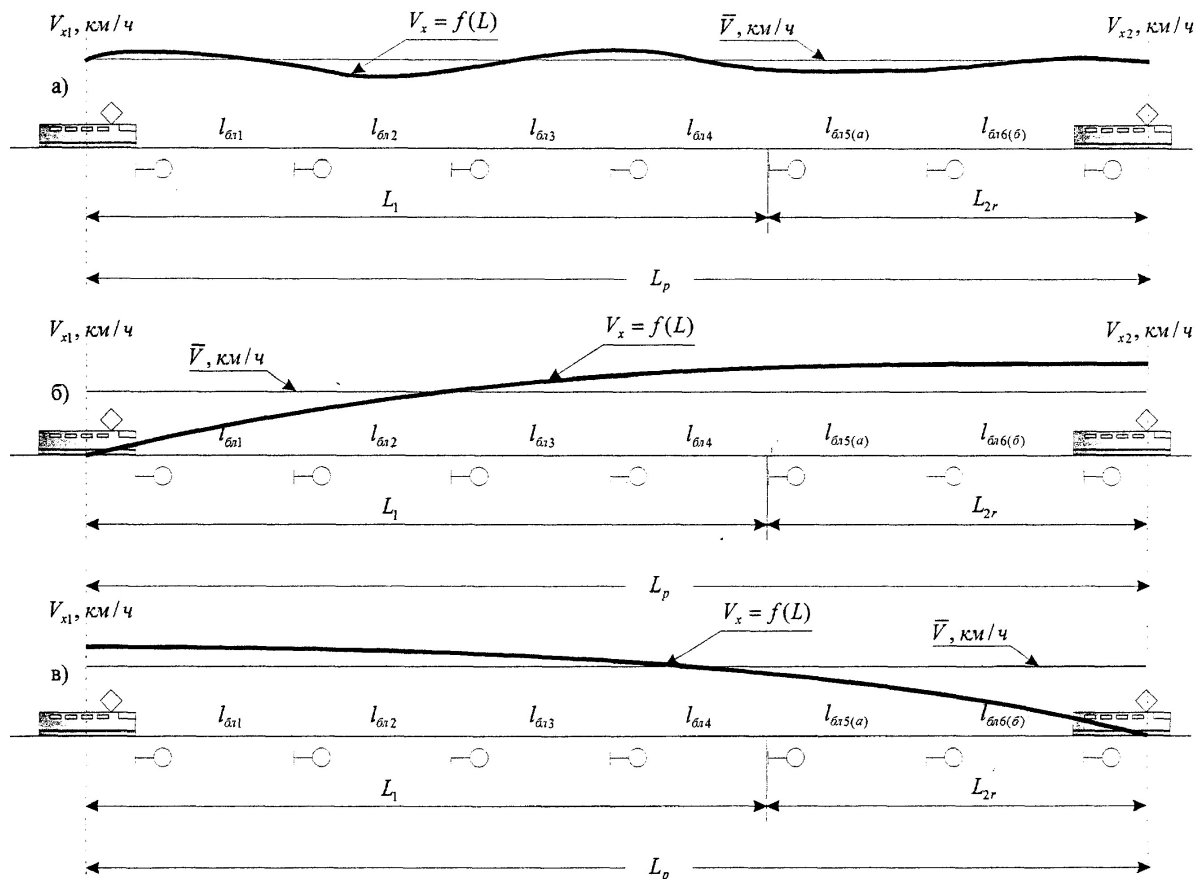


Рис.3.9. Базова модель резервованої системи ІРРП 6/6: а) для ділянки траси зі сталим режимом руху; б) модель ІРРП в режимі розгону; в) модель ІРРП в режимі уповільнення.

Крім того, коли мова йде про синхронізацію режимів руху попутно наступних поїздів виникає проблема автоматичного управління не одним поїздом, а групою взаємодіючих поїздів, прокладених на графіку з розрахунковим інтервалом ϵ , який (рис.3.5), починаючи зі швидкості 200 км / год при її подальшому зростанні скорочується до незначних чисельних значень.

У порівнянні з моделлю ІРРП по системі сигналізації і блокування 4/4, резервуванням моделі 5/5 (один резервний блок-ділянку) і 6/6 (два резервних

блок-ділянки) є більш надійними і безпечними. Але зростання швидкості в діапазоні 120 - 200 км / год знижує інтервали захисту до рівня нереальних значень. При подальшому зростанні швидкості, ефект резервування з точки зору деякого збільшення розрахункових інтервалів

вкрай недостатній в діапазоні швидкостей понад 200 км / год. Тому виконані дослідження в розділі 3 роботи дають підставу прийняти моделі 5/5 (резервування одним блок-ділянкою) і 6/6 (резервування двома блок-ділянками) в якості базових (вихідних) для розрахунку і захисту попутно наступних поїздів в пакеті при швидкості, як і в моделі 4/4, 120 км / год і подальшому її зростанні до 200-г-250 км / год.

Таким чином, модулі що розглядаються як вихідні (стандартизовані) значення захисних ресурсів в інвестиційних проектах систем ІРРП і наступних обґрунтуваннях методики техніко-економічних розрахунків для швидкостей понад 120 км / год. Базова резервована модель без світлофорної системи сигналізації і блокування попутно наступних поїздів наведена на рис. 3.10. Вона передбачає резервувати систему передачі поточних координат від попереду поїзда, що йде до ззаду йде, пов'язуючи режими руху попутно наступних поїздів в деяку взаємопов'язану систему не тільки в пакеті, а й в пачці поїздів, що складається з 3-х і більше попутно наступних швидкісних поїздів.

3.4. Дослідження втрат швидкості при переході в нестандартні режими руху.

Розробка методики розрахунку потрібних ресурсів пропускної здатності.

Відстань Δ між попутними поїздами в потоці є первинним чинником (параметром) забезпечення безпеки наступних в потоці поїздів і в залежності від зміни швидкостей 1-го і / -1 поїздів в потоці відбувається їх взаємодія в реальному часі в процесі руху на лінії. У свою чергу відстань зумовлюється схемою сигналізації, прийнятої для розрахунку межпоездної інтервалів. Так, система сигналізації 3/3 і 4/4 передбачає поділ поїздів відстанню без резервування.

Якщо середнеходова швидкість $V_{\text{ср}} = 100 \text{ км / год}$, а час ($30 \text{ сек} = 0,5 \text{ хв}$, то

третя частина відстані за формулою складе 833 м. Навіть якщо цей час скорочено майже до мало реальної величини - 1 сек, то і цьому випадку третя частина розділового відстані становить 28 м, тобто суттєве з точки зору безпеки відстань. при швидкості 50 км / ч воно складе 14 м за 1 сек, а при 200 км / год - 56 м. Однак система сигналізації 3/3 застосовується для відносно невисоких швидкостей і вона має широке поширення на НЕ швидкісних лініях, коли реалізується режим їзди під зелений на зелений і дав е жовтий і подальший червоний. На таких лініях часто реалізуються висока інтенсивність (γ) і щільність (A) транспортного потоку. Захисне відстань $l_{\text{бл}}$ визначає щільність транспортного потоку. У свою чергу швидкість і щільність - основні чинники інтенсивності потоку, тобто для розглянутого режиму руху поездопотока при захисному відстані.

При зупиненому потоці швидкість його дорівнює нулю $V = 0$ (перша гранична умова) і $\Psi(L) = 0$. Швидкість вільного потоку, без впливу йдуть попереду поїздів на наступні, тобто величина s , складають другу граничну умову. Аналіз рівнянь (3.36), (3.37) показує, що перша умова (3.36) не може бути справедливим в околиці $L = 0$, а друга умова (3.37) не може бути справедливим в околиці точки $L = L'$, де X - щільність зупинився поездопотока. Отже, ми обмежуємо використання і практичне застосування рівнянь (3.36) і випадком щільного потоку, який знаходиться в рухомим стані, але відчуває взаємний вплив одного поїзда на наступні і випадком вільного (розрідженого) поездопотока, коли вплив йдуть попереду поїздів на наступні практично не відчувається, тобто виконується стаціонарний режим і вказане вплив може бути прийнято рівним нулю. З цих передумов необхідно ввести поняття середньої ходової швидкості з урахуванням переходу поїздів від вільного руху зі швидкістю s до швидкості руху перед червоним вогнем світлофора.

Також становить практичний інтерес ступінь використання максимально допустимих швидкостей, оскільки різниця між допустимими швидкостями і реалізованими в потоці істотна. Вона становить, наприклад, при $\Gamma = 60$ км / год - 7 км / год, а при швидкості $\Gamma = 100$ км / год - 28,8 км / год (рис. 3.12), при $\Gamma = 140$ км / год ця різниця зростає до 49,9 км / год і т.д. Це свідчить, з одного

боку, що поездопотоків при високих швидкостях не повинен містити поїзда з недостатньою параметричною надійністю і, з іншого боку, при зростанні швидкостей повинна забезпечуватися висока детермінованість відправлення і пропуску поїздів з розрахунковими (заданими) інтервалами в процесі управління рухом поїздів в потоці в цілому, а також в кожному попутно наступному пакеті поїздів по всіх елементах профілю колії.

Крім різниці $-A U_x$, тобто втрату швидкості, необхідно проаналізувати позитивне прирощення швидкості $+ D_{ig}'$, яке утворюється як різниця реалізованої швидкості U_{XP} в потоці (3.42) і середньою швидкістю при русі під зелений і далі жовтий і червоний вогні світлофорів.

Аналіз показує, що позитивний приріст швидкості $+ AU_{xp}$, яке виконується по відношенню до середньої швидкості $u_{x'j}$, до за рахунок більшу питому вагу нормального режиму руху під зелений на зелений. Це збільшення компенсує негативну величину її скорочення по відношенню до $u_{x.p}$ тільки до швидкості 75 км / год, а далі починається область наростання втрат середньої швидкості потоку.

Ступінь збільшення реалізованої в поездопотоків швидкості необхідно проаналізувати в вигляді коефіцієнта a , що розраховується за формулою як відношення зазначеної швидкості до максимально допустимої (u_{xU_x}). Як показує графік, від швидкості 60 км / год до 120 км / год відбувається різке зниження частки використання максимально допустимої швидкості в потоці, після чого починається область більш повільного наростання втрат максимально можливої швидкості. Математична теорія транспортних потоків, основи якої закладені Ф.Хейтом на базі автомобільних транспортних потоків, що відрізняються більшим ступенем інтервального нерегульоване TM , стосовно залізничним потокам мають обмежену область використання, оскільки поездопотоків характеризуються високою детермініруємих і жорстким регулюванням інтервалів системами автоблокування, АЛС.

Інтервальне регулювання швидкісних поїздів ґрунтується на дослідженні режимів взаємодії попутно наступних швидкісних поїздів в динаміці, в процесі

руху. Існуюча методика розрахунку межпоездної інтервалу не в повній мірі враховує режими і динамічний характер зазначеного взаємодії, а прийняті традиційно схеми сигналізації визначають величину інтервалу, зворотний швидкості руху, при постійній величині міжпоїздної відстані. В результаті величина інтервалу при зростанні швидкості скорочується до нереальних значень для використання в швидкісному русі пасажирських поїздів. Так, наприклад, при схемі сигналізації 3/3 і при швидкості 120 км / год розрахунковий межпоездної інтервал становить 3 хв, тоді як з позицій виконання нормальних режимів руху і обґрунтованих вимог виходячи з гальмівних систем поїздів цей інтервал не повинен бути менше 4,5 - 5 хв.

В якості базової може бути прийнята схема сигналізації 6/6, тобто схема 4/4 з зарезервованими двома блок-ділянками. Вона підвищує рівень захищеності поїздів в пакеті відстанню (два блок-ділянки), а отже і часом. Проблема захищеності поїздів в пакеті залишається актуальною при будь-якій системі регулювання і управління у т.ч. автоматичних без світлофорних системах управління рухом швидкісних поїздів (до швидкості 200 км / год і при 1бу 3000 м до швидкості 240 км / год).

Аналіз отриманих значень при зростанні швидкості показує зниження рівня захищеності поїздів в пакеті резервним відстанню і, отже, резервним часом. Тому ці резерви можуть відноситися до деякого стаціонарного режиму руху швидкісних поїздів для того рівня швидкості, на який розраховувався швидкісний поїзд безпосередньо системою сигналізації. Наприклад, при системі сигналізації 6/6 рівень швидкості може досягати до 200 км / год, оскільки її подальше зростання різко знижує роль резервного відстані і часу, а також і рівень захищеності наступних в пакеті поїздів. Виходячи з цього виникає необхідність дослідження швидкості при проходженні поїздів в загальному потоці з урахуванням взаємного впливу попутно прямуючих поїздів.

У нормальних умовах руху потоку поїздів, коли поїзди повинні слідувати в режимі під зелений на зелений (схема сигналізації 4/4 без резервування) і коли вони захищені чотирма блок-ділянками виникають ситуації, коли частина поїздів,

через невиконання параметрів швидкості, створюють вплив на попутно такі поїзди, в результаті ці поїзди можуть слідувати під зелений на жовтий вогонь, а в окремих випадках і під жовтий на червоний в процесі руху по міжстанційне відстаням. Тому що реалізується загальним потоком швидкості знижується по відношенню до максимально допустимої ходової швидкості. Виходячи з цих передумов вирішена задача математичної теорії транспортних потоків на основі рівнянь Ф.Хейта. Стосовно до не твердо регулює системою сигналізації поездопотоків визначені середня швидкість при збої руху і проходженні під зелений на жовтий і далі червоний вогонь світлофора.

З огляду що залізничні потоки характеризуються високі рівнем управління і регулювання системою ІРРП і диспетчерськими системами, а при швидкостях вище 150 км / год ці потоки є строго детермінованими, досліджені рівняння - для безлічі швидкостей {60; 70; 80; 90; 100; 110; 120; 130; 140; 150} км / год при $A = 0,5$ поїзда / км.

3.5.Розробка карт критичних співвідношень економічних параметрів швидкісних поїздів

Більш ефективні транспортні системи пов'язані із задоволенням інтересів суспільства в скороченні тривалості поїздок населення України, а інтенсивний ріст обсягів перевезень передбачає успішне вирішення енергетичних, екологічних та інших проблем, пов'язаних зі збільшенням швидкостей руху поїздів. Так, наприклад, транспорт на електромагнітному підвісі (ЕМП) має відносно низький рівень витрат електроенергії: його питома величина становить 0,15 - 0,25 кВт / год на 1 пас, км (дані Німеччини) [1,2,53]. Такі питомі показники забезпечують зниження витрат енергії на 12,5 - 20% в порівнянні з системами швидкісного залізничного транспорту і в 5,5 рази нижче в порівнянні з реактивними літаками - 0,62 кВт / год на 1 пас. км. Досліди, проведені в США, по випробуванню швидкісних систем на магнітному підвісі (система MEL) в розрідженій атмосфері показали, що витрата електроенергії може бути знижений до 0,0104 кВт / пас, км,

тобто в порівнянні з авіатранспортом в 60 разів нижче.

Однак системи на магнітному підвісі поки ще представляються як системи експериментально-проектні, які в умовах України можуть отримати розвиток в перспективі. Реальні проекти швидкісного залізничного транспорту вже в даний час складають предмет «Програми великих швидкостей України». Енергетична складова СРП в 2,4 - 4 рази, за даними вітчизняних проектів нижче авіатранспорту, а енергетичний чинник в сучасних умовах залишається головним в реалізації програми підвищених і високих швидкостей на залізницях України, Європи, країн СНД. Виходячи з цих об'єктивних даних, швидкісний залізничний транспорт в пасажирських повідомленнях є енергетично перспективним видом транспорту.

Дослідження, виконані під ВНИИЖТа, показали, що в багатьох випадках обмеження швидкості можуть призвести не до економії, а до втрати електроенергії. Наприклад, зниження швидкості в кінці ухилу протягом 1 км до величини 30% від середньої швидкості руху по ділянці може скласти перевитрата електроенергії 3 - 4% від витрат на тягу в межах довжин ділянок 200 ... 250 км.

При виконанні розрахунків велике значення має система оціночних показників і тарифних ставок за проїзд на СРП, віднесених на один пас, км виконаного пасажирообороту, яка зумовлює перевагу варіантів СРП і зростання швидкостей руху поїздів. Визначення області значень змінних швидкісної транспортної системи, що визначаються дисконтованими доходами і витратами, дасть можливість виявити також обсяги пасажирообороту, які забезпечують економічну стійкість швидкісного залізничного транспорту на лінії, в яку вкладаються інвестиції і проводиться реінжиніринг її технічних засобів. В кінцевому підсумку цю область встановлює інтенсивність росту пасажиропотоку і поетапне зниження тарифної ставки проїзду в розрахунку на 1 пас. км. На першому етапі, можливо, будуть потрібні державні дотаційні заходи.

При прийнятих значеннях коефіцієнта p поїзд ділянку $B = 200$ км проходить за 89 хв при $a = 0,75$ і за 133 хв при $p = 0,55$. Головний фактор комплексу швидкісної лінії - його шах U_x , яка визначається концепцією багатьох технічних рішень: по

конструкції самого поїзда, його силових і гальмівних систем, системи управління, конструкцією колії, контактної мережі та інших елементів СРП. Взаємодія цих елементів визначає аеродинаміку поїзда, комфорт для пасажирів, ступінь ризику по надійності і безпеки руху поїзда

Управління цим середовищем полягає в можливій зміні вартісних параметрів системи - енергетичної складової пасажиро-км, тарифних ставок за електроенергію a ?, собівартості перевезень e руб. на 1 пасс.км позначений грошовий масштаб перерахунку вартості), розмірів дотацій в разі потреби для виконання соціально значущих перевезень. Для цього встановлюються такі критерії оцінки внутрішнього середовища, які б враховували комплексний підхід в коригуванні механізмів економічного стимулювання розвитку СРП. Вихідною умовою для цього є вивчення зони параметрів, в якій настає рівновага дохідної та видаткової частини СРП.

Актуальність забезпечення вигідності підвищення швидкості зумовлюється зростанням вартості часу, що витрачається населенням на поїздки в тому чи іншому виді транспорту: чим менше витрати часу поїздки в СРП, тим вище перевагу варіантів, які обґрунтовують великі швидкості, оскільки в теорії економічної кібернетики існує пряма кореляція економії часу і ймовірності досягнення мети організації і кожною людиною зокрема в умовах ринкових економічних відносин.

Економічний потенціал системи СРП встановлюється не тільки як сукупність його внутрішнього середовища, а й зовнішнього - середовища користувачів системи. Підвищення цього потенціалу визначається зменшенням втрат часу (пасажиро-години), втрат у зовнішньому середовищі, викликаних втратами, зокрема, під час поїздок на вокзал і з вокзалу. В ринкових умовах ефективність інвестицій в збільшення швидкостей руху визначається як ефективність нарощування ефекту

Однак приріст прибутку не вичерпує всього різноманіття функцій умовної корисності, яка визначається на всій безлічі індивідуальних благ $(y; \}$ користувачів СРП, яке утворюється за рахунок економії часу, тобто за рахунок зростання

швидкостей руху. В цьому ширшому аспекті розглядається проблема створення швидкісних систем транспорту в економічно розвивається суспільстві, а вкладення інвестицій в СРП є регульовану функцію держави (досвід Німеччини та інших країн). у кінцевому підсумку стимулювання розвитку СРП з аключається в забезпеченні збігу інтересів окремого працівника - користувача нової або розвивається системи з інтересами суспільства в цілому шляхом такого налаштування контура економічного регулювання, при якому будь-яка зміна індивідуального критерію С.

Ефективність високошвидкісного залізничного транспорту як комплексна характеристика народногосподарських результатів його використання включає, таки чином, економічні, соціальні, демографічні, екологічні та інші аспекти, істотні з точки зору суспільного виробництва. Як показує зарубіжний досвід, економічна ефективність таких магістралей забезпечується, насамперед, неухильним зростанням обсягів пасажирських перевезень. Уже в перші роки експлуатації лінія «Токайдо» (Японія) відволікала близько 30% пасажирів, які користувалися раніше повітряним транспортом, а число пасажирів перевезених швидкісними поїздами TGV за 7 років експлуатації на лінії Париж - Ліон збільшилася в два рази. Всі діючі високошвидкісні лінії в більшості випадків рентабельні.

Аналіз економічних параметрів показує, що серед пропозицій щодо оптимізації пасажирських перевезень одним з головних показників є скорочення часу поїздки і величина комерційної швидкості, яка визначається формулою. Досягнення цього скорочення здійснюється як за рахунок досконалої структури СРП, так і шляхом введення інтегрованого графіка руху поїздів із заданим тактом, прискорення доступу до поїздів за допомогою ряду заходів щодо ефективного функціонування вокзалів і пасажирського маркетингу. У Центральній Європі виділяється вісім великих міст, які утворюють замкнутий полігон.

У роботі наведені дані про тривалість поїздок між «вхідними воротами» Центральної Європи з комерційних (маршрутним) швидкостям, розрахованим за формулою. Ці дані наведені в двох варіантах: до введення високошвидкісного

руху (нижня частина таблиці) і після введення швидкісного руху, причому на більшій частині ліній проекти швидкісного руху вже здійснені.

Розрахунки часу поїздок, економії часу поїздок (-ДГ) і коефіцієнтів росту комерційних швидкостей виконані при умовному припущенні, що комерційне час поїздок в одну сторону одно цього часу при поїзді в зворотну сторону. Це дозволило скоротити кількість таблиць. Ці розрахунки, однак, показують великий прогрес

Для технічних і економічних порівнянь систем в Німеччині та інших країнах прийняті пов'язані з моделі допущення, які дозволили, по-перше, підкреслювати в міру потреби специфічні ознаки нової системи, по-друге, проводити об'єктивні порівняння. Ці допущення до покладеним в основу типам рухомого складу, граничним умовам експлуатації, дослідженої інфраструктурі, а також до норм витрат і методам визначення експлуатаційних витрат. Карти критичних співвідношень параметрів порівнюваних проектів передбачають дисконтування - приведення економічних показників, виражених в цінах різних років, до єдиної розмірності, тобто і цінами базового року. Его проводиться для порівняння ефективності розглянутих інвестиційних проектів і виявлення прибутковості цінних довгострокових паперів,

3.6. Оцінка пропускної спроможності залізничної ділянки, що потенційно реалізовується

Важливим показником експлуатаційної роботи залізничної ділянки є пропускна спроможність, визначувана мінімальним, таким, що реалізовується при відповідній системі забезпечення безпеки руху (СЗБР) інтервалом попутного проходження потягів. Методика розрахунку даного інтервалу для різних елементів залізничної ділянки при існуючих СЗБР викладена в спеціальних інструкціях. Проте доцільно оцінити величину мінімального інтервалу попутного проходження потягів, що реалізовується, забезпечуваної при устаткуванні ділянки деякій ідеальною СЗБР, в якій управління поїздом здійснюється на підставі

отримання в кожній точці шляху у будь-який момент часу точної інформації про координату, швидкість проходження і шляху екстреного гальмування складу, що йде попереду. Розрахована для ідеальної системи величина інтервалу міжпотягу, а отже, і пропускна спроможність, що потенційно реалізовується, є еталоном при оцінці експлуатаційних показників залізничної ділянки і якості управління в тих, що існують і СЗБР, що розробляються. Завданню визначення інтервалу міжпотягу, що потенційно реалізовується, для різних елементів залізничної ділянки присвячені роботи [1...3]. У даній роботі вирішення вказаної задачі, а також оцінку пропускної спроможності, що потенційно реалізовується, в різних точках залізничної ділянки пропонується здійснювати з використанням спеціальних математичних моделей.

При організації безупинного руху потягів через довільно узятую точку залізничної ділянки можна розглядати як формування в ній послідовності імпульсів з тривалістю T_n , визначуваною довжиною складу l і швидкістю V його проходження.

Період проходження імпульсів обернено пропорційний середньому значенню швидкості складу на даному інтервалі:

$$\int_{t_{i-1}}^{t_i} V(t) dt = \Delta S, \quad (3)$$

При устаткуванні ділянки ідеальної СЗБР, що передбачає управління по координаті кінця потягу, що йде попереду, і використання рівносповільненої моделі службового гальмування, мінімальна можлива відстань між двома поїздами може бути обчислено за формулою:

$$\Delta S_m = \frac{V^2}{2a} + l, \quad (4)$$

де a — розрахункова величина уповільнення складу на даній ділянці.

Процес формування імпульсів при постійній швидкості V руху потягів по даній ділянці може бути описаний математичною моделлю, представленою на рис. 3.10., розроблений на основі моделі частотно-імпульсної модуляції [4]. Нелінійний елемент забезпечує задання швидкості потягу залежно від відстані ΔS_m до кінця поїзду, що йде попереду. При досягненні параметром S значення ΔS_m виробляється δ -функція, використувувана для формування лінійною ланкою прямокутного імпульсу і скидання інтегратора в нуль. Збільшенню швидкості руху на ділянці обов'язково повинне передувати збільшення відстані між поїздами ΔS_m .

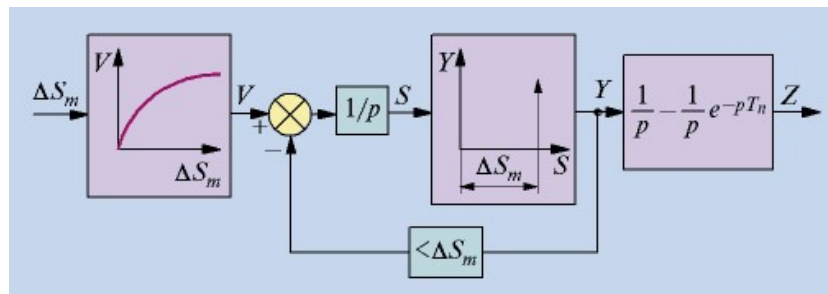


Рис.3.10. Математична модель, що описує рух потягів з постійною швидкістю і міжпоїздним інтервалом, що потенційно реалізовується, по ділянці, обладнаній ідеальною СЗБР

Розрахункова довжина і довжина, що реалізовується в режимі службового гальмування уповільнення потягів визначаються характеристиками залізничної ділянки і рухомого складу, що рухається на ній. Тому доцільно досліджувати залежність що потенційно реалізовується при ідеальній СЗБР інтервалу міжпотягу від встановленої швидкості руху на ділянці. Використання рівносповільненої моделі службового гальмування дозволяє записати:

$$T = \frac{V}{2a} + \frac{l}{V}. \quad (5)$$

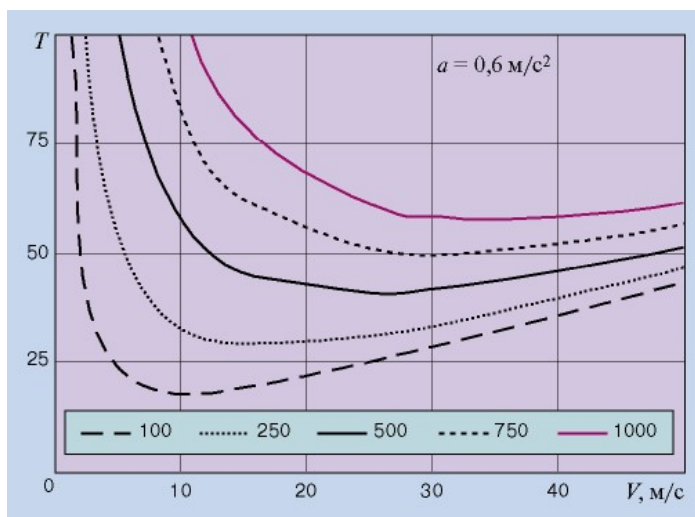


Рис.3.11. Залежність інтервалу між потягу, що потенційно реалізується, від швидкості руху потягів по ділянці, обладнаній ідеальною СЗБР

Досліджуючи функцію на екстремум, досягнемо значення швидкості

$$V = \sqrt{2al},$$

при якому забезпечується мінімальне, рівне $\sqrt{2l/a}$ значення інтервалу міжпотягу. Залежність даного інтервалу від швидкості руху на ділянці при різних розрахункових значеннях довжини і уповільнення складів ілюструє Рис.3.11. Тут же в таблиці 3.1. приведені значення що потенційно реалізуються в точках екстремуму функції інтервалу потягу T_{min} , а також відповідні кожній точці значення швидкості $V_{екст}$ і довжини l складу.

Таблиця 3.1.

Значення що потенційно реалізуються в точках екстремуму функції інтервалу

$l, \text{ м}$	100	250	500	750	1000
$V_{екст}, \text{ м/с}$	10,95	17,32	24,5	30	34,64
$T_{min}, \text{ с}$	18,26	28,87	40,82	50	57,74

Для оцінки що реалізується в умовах ідеальної СЗБР інтервалу входу на станцію або ділянку обмеження швидкості передбачається використовувати математичну модель, представлену на мал. 3. Завдання закону зміни швидкості

потягу на підході до ділянки її обмеження a або станції b здійснюється за допомогою вхідних до складу моделі нелінійних елементів 1, 2. Елемент 1 відтворює закон зміни швидкості V_0 , реалізація якого забезпечує проходження складів з мінімально можливим в даному випадку міжпоїздовим інтервалом [1...3]. Елемент 2 визначає зміну швидкості V_u , що реалізовується при досліджуваному процесі управління веденням потягу. Елементи 3, 4 забезпечують ухвалення параметром V значення V_u або V_0 , що обирається з урахуванням співвідношення швидкостей, що задаються. Призначення елементів 5...7 ідентично призначенню вже розглянутих вище аналогічних функціональних елементів, що входять до складу моделі, представленої на Рис.13.

3.7. Розрахунок показників технічного плану для дирекції залізничних перевезень

Вихідними даними для розрахунку показників технічного плану дирекції залізничних перевезень є:

- 1) схема напрямку з визначеними межами дирекцій залізничних перевезень залізниць, відстаней між технічними станціями;
- 2) таблиця кореспонденцій навантажених вагонів на дирекції;
- 3) нормативи з технологічного процесу роботи технічних і інших станцій дирекції:
 - норма середньозваженого простою транзитного вагона без переробки - $t_m^{6n} = 0,74$ год.;
 - норма середньозваженого простою транзитного вагона з переробкою - $t_m^{3n} = 6,5$ год.;
 - норма середньозваженого простою вагона під однією вантажною операцією - $t_{вант} = 16,3$ год.;
 - частка часу простою вагона під однією вантажною операцією в порожньому стані - $\gamma = 0,35$;

- 4) нормативи діючого графіка руху поїздів:
- середньозважені дільничні швидкості руху вантажних поїздів по дільницях дирекції: $V_o^{KO} = 56,3$ км/год.; $V_o^{PO} = 42,5$ км/год.; $V_o^{CO} = 52,2$ км/год.;
 - норми маси і довжини поїздів, що обертаються на ділянках відділення;
- 5) розподіл вивантаження і навантаження по роду рухомого складу;
- 6) напрямок прямування порожніх вагонів;
- 7) нормативи діючого плану формування поїздів - частка транзитних вагонів з переробкою від загального потоку вагонів, що пропускаються через технічні станції. Станції К, С, П перероблюють 25% вагонопотоку, що надходить до них, станція О пропускає з переробкою 55% загального транзитного вагонопотоку.

Таблиця 3.2

Кореспонденція навантажених вагонів на дирекції залізничних перевезень

на/з	К ₁	С ₁	П ₁	Разом	К	К-О	О	О-С	С	О-П	П	Разом	Всього
К ₁	Х	2591	484	3075	28	94	46	23	28	24	30	273	3348
С ₁	2471	Х	589	3060	18	22	28	85	46	28	15	242	3302
П ₁	918	394	Х	1312	-	18	22	24	24	79	46	213	1525
Разом	3389	2985	1073	7447	46	134	96	132	98	131	91	738	8185
				транзит								звіз	прийм
К	33	30	15	78	Х	28	18	-	-	-	10	56	134
К-О	89	30	22	141	10	Х	11	5	-	6	-	32	173
О	43	46	5	94	-	15	Х	19	-	11	-	45	139
О-С	22	76	33	131	13	-	13	Х	18	4	15	63	194
С	30	43	30	103	17	-	9	3	Х	-	-	29	132
О-П	30	33	93	156	9	-	-	10	9	Х	19	47	203
П	37	30	22	92	-	15	8	10	5	15	Х	53	145
Разом	284	291	220	795	49	58	59	47	32	36	44	325	1120
				вниз								місцевий	навантаження
Всього	3673	3276	1293	8242	95	192	155	179	130	167	135	1063	9305
				здача								вивантаження	Робота

Таблиця 3.3

Розподіл вивантаження і навантаження по роду рухомого складу (%%)

Рід рухомого складу	Вивантаження	Навантаження
Піввагони	25	30
Платформи	10	15
Криті	35	20

Цистерни	20	13
Інші	10	22
Всього	100	100

Таблиця 3.4

Завдання на прийом порожніх вагонів по стикових пунктах

Рід рухомого складу	Напрямок руху	Потужність вагонопотоку
Піввагони	$K - C$	292
Платформи	$K - C$	152
Криті	$C - K$	229
Цистерни	$П - K$	152
Інші	$П - C$	229

3.8. Показники експлуатаційної роботи вагонного парку

На основі "шахматки" навантажених вагонопотоків по дирекції визначають показники роботи дирекції:

- транзит - $U_{тр} = 7447$ ваг;
- ввіз - $U_{вв} = 738$ ваг;
- вивіз - $U_{вив} = 795$ ваг;
- місцеве сполучення $U_{мс} = 325$ ваг;
- навантаження $U_n = U_{вив} + U_{мс} = 795 + 325 = 1120$ (ваг.);
- вивантаження $U_в = U_{вв} + U_{мс} = 738 + 325 = 1063$ (ваг.);
- прийом навантажених $U_{пр.вант.} = U_{тр} + U_{вв} = 7447 + 738 = 8185$ (ваг.);
- здача навантажених $U_{зд.вант.} = U_{тр} + U_{вив} = 7447 + 795 = 8242$ (ваг.);
- робота $U = U_n + U_{пр.вант.} = 1120 + 8185 = 9305$ (ваг.);

$$U = U_в + U_{зд.вант.} = 1063 + 8242 = 9305 \text{ (ваг.);}$$

$$U = U_{тр} + U_{вв} + U_{вив} + U_{мс} = 7447 + 795 + 738 + 325 = 9305 \text{ (ваг.);}$$

- робота вагонів з транзитним вантажем

$$U'_{тр} = U_{зд.вант.} = 8185 \text{ (ваг.);}$$

- робота вагонів з місцевим вантажем

$$U'_m = U'_g = 1120 \text{ (ваг.)}.$$

Для розрахунку розмірів руху поїздів по дільницях, встановлення величини прийому та здачі поїздів та вагонів по стикових пунктах, а також визначення пробіг вагонів складається діаграма вантажних вагонопотоків, представлена на рис. 9 вихідні дані для розробки діаграми беруть із табл. 3.1

На підставі табл. 3.2 та 3.3 складається баланс порожніх вагонів (табл. 3.5). Надлишок (+) або нестача (-) порожніх вагонів на станціях та дільницях розраховується на підставі співставлення навантаження та вивантаження за видами рухомого складу.

Таблиця 3.5

Баланс порожніх вагонів по роду рухомого складу

Станції, ділянки	Операції	Всього	Вид вагонів				
			криті	платформи	піввагони	цистерни	інші
К	Навантаження	134	27	20	40	18	29
	Вивантаження	95	33	10	24	19	9
	+ (-)		+7	-10	-16	+2	-18
К-О	Навантаження	163	33	24	49	21	36
	Вивантаження	162	57	16	41	32	16
	+ (-)		+24	-8	-8	+11	-20
О	Навантаження	139	28	21	42	18	30
	Вивантаження	147	51	15	37	30	14
	+ (-)		+23	-6	-5	+12	-16
О-С	Навантаження	149	30	22	45	19	33
	Вивантаження	176	62	18	44	35	17
	+ (-)		+32	-4	-1	+16	-16
С	Навантаження	139	28	21	41	18	31
	Вивантаження	136	48	13	34	27	14
	+ (-)		+20	-8	-7	+9	-17
О-П	Навантаження	175	35	26	53	23	38
	Вивантаження	124	43	12	31	25	13
	+ (-)		+8	-14	-22	+2	-25
П	Навантаження	145	29	22	44	19	31
	Вивантаження	135	47	14	34	27	13
	+ (-)		+18	-8	-10	+8	-18
Разом			132	-58	-69	60	130

Після розрахунку балансу порожніх вагонів переходять до визначення регульовального завдання прийому та здачі порожніх вагонів по стикам. З цією метою розробляють діаграму порожніх вагонопотоків по дирекції.

Визначивши розміри прийому та здачі вантажних та порожніх вагонів, встановлюють загальні норми передачі поїздів та вагонів (вантажних та порожніх) по кожному перехідному пункті між сусідніми дирекціями та залізницями. Кількість поїздів, які необхідно здати, визначають діленням кількості вантажних та окремо порожніх вагонів на відповідні склади поїздів.

Кількість вагонів в складі поїзда, виходячи з маси поїзда $Q_{бр}$ та ваги вагона брутто $q_{ваг}$, розраховують за формулою:

$$m = \frac{Q_{бр}}{q_{ваг}}.$$

Склад поїзда, з урахуванням довжини приймально-відправних колій визначається із співвідношення:

$$m = \frac{L_{по} - l_{лок} - 10}{l_{ваг}},$$

де $L_{по}$ - довжина приймально-відправних колій, $L_{по} = 1050$ м;

$l_{лок}$ - довжина локомотива, $l_{лок} = 35$ м;

$l_{ваг}$ - довжина вагона, $l_{ваг} = 15$ м.

Склад вантажного поїзда приймають як найменше з розрахованих за формулами.

$$m_{вант} = \min \left\{ \frac{4500}{75}, \frac{1050 - 35 - 10}{15} \right\} = \min \{60, 67\} = 60 \text{ваг.}$$

Склад порожнього поїзда визначають за формулою:

$$m_{пор} = \frac{1050 - 35 - 10}{15} = 67 \text{ваг.}$$

Розрахунки по передачі вагонів і поїздів по стикових пунктах зводимо в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Прийом і здача поїздів і вагонів

Пункти передачі	Прийом ДН-II				Здача ДН-I			
	Всього		в тому числі		Всього		в тому числі	
	поїздів	вагонів	навантаження	порожні	поїздів	вагонів	навантаження	порожні
К (ДН-I)	64	3792	3348	444	73	4246	3673	573
С (ДН-II)	61	3531	3302	229	62	3694	3276	418
П (ДН-III)	32	1906	1525	381	23	1293	1293	0
Разом	157	9229	8175	1054	158	9233	8242	991

Потім розраховуємо пробіги вагонів. В розрахунку прийнято, що вагонопотоки, що прямують на ділянку, під вивантаження і з ділянки після навантаження, проходять половину довжини ділянки.

Пробіг вантажних вагонів складатиме:

$$\begin{aligned} \sum nS_{вант} &= \sum nS_{тр} + \sum nS_{вв} + \sum nS_{вив} + \sum nS_{м} = 46690 + 97950 + 2176095 + 123205 = \\ &= 2443940 \text{ вагоно-км.} \end{aligned}$$

Пробіг порожніх вагонів складатиме:

$$\sum nS_{пор} = 313170 \text{ ваг-км.}$$

Розрахунок пробігу порожніх вагонів

Дільниця	Довжина дільниці, км	Вагонопотік		Вагоно-кілометри пробігу		
		парний	непарний	парний	непарний	Всього
К- (К-О)	67,5	418	582	28215	39285	67500
(К-О) - О	67,5	402	567	24420	35640	60960
О- (О-С)	85	471	306	40375	25500	65865
(О-С) - С	85	450	258	38250	21930	60180
О- (О-П)	80	374	54	27860	3570	31430
(О-П) - П	80	389	18	31120	1440	27235
Разом						313170

Загальний пробіг:

$$\sum nS = \sum nS_{вант} + \sum nS_{пор} = 2335012 + 313170 = 2648182 \text{ ваг-км.}$$

Визначаємо коефіцієнт порожнього пробігу відносно вантажного і загального пробігу вагонів:

$$\alpha_{вант} = \frac{\sum nS_{пор}}{\sum nS_{вант}} = \frac{313170}{2443940} = 0,2; \quad \alpha_{заг} = \frac{\sum nS_{пор}}{\sum nS} = \frac{313170}{2648182} = 0,1.$$

На основі розрахованих значень пробігів визначаємо рейси вагонів:

- повний рейс

$$l = \frac{\sum nS}{U} = \frac{2648182}{9229} = 286,94 \text{ км};$$

- вантажна частина рейсу

$$l = \frac{\sum nS_{вант}}{U} = \frac{2443940}{9229} = 255,8 \text{ км};$$

- порожня частина рейсу

$$l = \frac{\sum nS_{пор}}{U} = \frac{313170}{9229} = 32,2 \text{ км};$$

- рейси вагонів по видах сполучень

$$l_{mp} = \frac{\sum nS_{mp}}{U_{mp}} = \frac{2176095}{7447} = 285,3 \text{ км}$$

$$l_{вв} = \frac{\sum nS_{вв}}{U_{вв}} = \frac{97950}{738} = 129,9 \text{ км}$$

$$l_{вув} = \frac{\sum nS_{вув}}{U_{вув}} = \frac{123205}{795} = 149,1 \text{ км}$$

$$l_{м} = \frac{\sum nS_{м}}{U_{м}} = \frac{46690}{325} = 134,9 \text{ км}$$

- рейси для вагонів з транзитним вантажем і місцевим вантажем:

$$l'_{mp} = \frac{\sum nS_{mp} + \sum nS_{вув}}{U_{зд.вант}} = \frac{2176095 + 123205}{8242} = 272,07 \text{ км}$$

$$l'_{м} = \frac{\sum nS_{вв} + \sum nS_{м}}{U_{г}} = \frac{97950 + 46690}{1063} = 131,4 \text{ км},$$

- рейс порожнього вагона

$$l_{пор} = \frac{\sum nS_{пор}}{U_{пор} + U_{зд.пор}} = \frac{307545}{1054 + 991} = 135,3 \text{ км.}$$

Для розрахунку вагонного плеча необхідно на основі діаграм вагонопотоків визначити кількість відправлених вагонів (навантажених і порожніх) з усіх технічних станцій, що входять до складу ділянки.

Кількість транзитних вагонів з переробкою і без переробки визначається в завданні.

Дані про відправлення вагонів різних категорій з технічних станцій

Станції	Відправлено вагонів									
	Всього		Місцевих		Разом транзитних вагонів		Транзитних з переробкою		Транзитних без переробки	
	вантажні	порожні	вантажні	порожні	вантажні	порожні	вантажні	порожні	вантажні	порожні
К	7094	991	134	9	6464	991	1854	-	5561	1037
С	6621	676	132	29	6045	676	1663	-	4987	628
П	2842	389	145	44	2385	389	707	-	2120	342
О	8270	1092	139	35	7447	1092	4615	-	3776	1078
Разом	25579	3225	578	110	25283	3085	8839	-	16444	3085

Вагонне плече складає:

$$L_{\text{ваг}} = \frac{\sum nS}{\sum U_{\text{mex}}} = \frac{2751485}{25283 + 3088} = 96,9 \text{ км}$$

Простій транзитного вагона на одній технічній станції:

$$t_{\text{mex}} = \frac{\sum nt_m^{\text{он}} + \sum nt_m^{\text{зн}}}{\sum n_m^{\text{он}} + \sum n_m^{\text{зн}}} = \frac{0,74 \cdot 19539 + 6,5 \cdot 8839}{19529 + 8839} = 2,49 \text{ год.}$$

Коефіцієнт місцевої роботи:

$$K_{\text{мр}} = \frac{U_n + U_e}{U} = \frac{1120 + 1063}{9305} = 0,23$$

Середня дільнична швидкість визначається за формулою:

$$V_{\delta} = \frac{\sum V_{\delta i} L_{\delta i}}{\sum L_{\delta i}}$$

$$V_{\delta} = \frac{120 \cdot 56,3 + 170 \cdot 52,2 + 135 \cdot 42,5}{120 + 170 + 135} = 50,2 \text{ км/год.}$$

Визначаємо загальний обіг вагона на дирекції залізничних перевезень:

$$g = \frac{1}{24} \left(\frac{288,08}{50,2} + 16,3 \cdot 0,23 + \frac{288,08}{96,9} \cdot 2,55 \right) = 0,7 \text{ доби}$$

Вантажна і порожня частини обігу складають:

$$g_{\text{вант}} = \frac{1}{24} \left(\frac{255,8}{50,2} + 16,3 \cdot 0,23 \cdot (1 - 0,35) + \frac{255,8}{96,9} \cdot 2,55 \right) = 0,6 \text{ доби}$$

$$g_{\text{пор}} = \frac{1}{24} \left(\frac{32,2}{50,2} + 16,3 \cdot 0,23 \cdot 0,35 + \frac{32,2}{96,8} \cdot 2,55 \right) = 0,11 \text{ доби}$$

Визначаємо обіг вагонів по видах сполучень: Коефіцієнти місцевої роботи відповідно дорівнюють:

$$K_{mp} = 0; K_{\text{вс}} = K_{\text{вмс}} = 1; K_{\text{мс}} = 2;$$

$$\theta_{mp} = \frac{1}{24} \left(\frac{285,8}{50,2} + \frac{285,3}{96,9} \cdot 2,55 \right) = 0,54 \text{ доби}$$

$$\theta_{\text{вс}} = \frac{1}{24} \left(\frac{128,9}{50,2} + 16,3 \cdot 1 \cdot (1 - 0,35) + \frac{128,9}{96,71} \cdot 2,55 \right) = 0,68 \text{ доби}$$

$$\theta_{\text{вмс}} = \frac{1}{24} \left(\frac{149,1}{50,2} + 16,3 \cdot 1 \cdot (1 - 0,35) + \frac{149,1}{96,71} \cdot 2,55 \right) = 0,72 \text{ доби}$$

$$\theta_{\text{м}} = \frac{1}{24} \left(\frac{134,9}{50,2} + 16,3 \cdot 2 \cdot (1 - 0,35) + \frac{134,9}{96,71} \cdot 2,55 \right) = 1,14 \text{ доби}$$

Визначаємо обіг вагонів з транзитним і місцевим вантажами: коефіцієнти місцевої роботи будуть дорівнювати:

$$K'_{mp} = \frac{U_{\text{виг}}}{U_{\text{зд.вагт}}} = \frac{795}{8242} = 0,09;$$

$$K'_m = \frac{U_{\text{г}} + U_m}{U_{\text{г}}} = \frac{1063 + 325}{1063} = 1,3;$$

$$\theta'_{mp} = \frac{1}{24} \left(\frac{272,07}{50,20} + 16,3 \cdot 0,09 \cdot (1 - 0,35) + \frac{272,07}{96,9} \cdot 2,55 \right) = 0,56 \text{ доби};$$

$$\theta'_m = \frac{1}{24} \left(\frac{131,4}{50,2} + 16,3 \cdot 1,31 \cdot (1 - 0,35) + \frac{131,4}{96,9} \cdot 2,55 \right) = 0,82 \text{ доби}.$$

Визначаємо обіг порожніх вагонів:

коефіцієнт місцевої роботи складатиме:

$$K'_{nop} = \frac{U_{\text{г}} + U_{nop}}{U_n + U_{\text{зд.нр}}} = \frac{1120 + 1054}{1063 + 991} = 1,02;$$

$$\theta'_{nop} = \frac{1}{24} \left(\frac{135,3}{50,2} + 16,3 \cdot 0,99 \cdot 0,35 + \frac{135,3}{96,9} \cdot 2,55 \right) = 0,5 \text{ доби}.$$

Розраховуємо парки вагонів:

- загальний парк

$$n_p = U \cdot \theta = 9305 \cdot 0,7 = 6686 \text{ ваг.};$$

- парк вантажних

$$n_{\text{вагт}} = U \cdot \theta_{\text{вагт}} = 9305 \cdot 0,6 = 5731 \text{ ваг.};$$

- парк порожніх

$$n_{\text{нор}} = U \cdot \theta_{\text{нор}} = 9305 \cdot 0,11 = 1051 \text{ ваг.};$$

$$n_{\text{нор}} = \theta_{\text{нор}}^i \cdot (U_n + U_{\text{зд.нор}}) = 0,5 \cdot (1054 + 994) = 1111 \text{ ваг.};$$

- парк вагонів по видах сполучень

$$n_{\text{мп}} = U \cdot \theta_{\text{мп}} = 7625 \cdot 0,54 = 4118 \text{ ваг.};$$

$$n_{\text{вв}} = U \cdot \theta_{\text{вв}} = 754 \cdot 0,68 = 513 \text{ ваг.};$$

$$n_{\text{вув}} = U \cdot \theta_{\text{вув}} = 826 \cdot 0,72 = 595 \text{ ваг.};$$

$$n_{\text{м}} = U \cdot \theta_{\text{м}} = 346 \cdot 1,14 = 395 \text{ ваг.};$$

- парки вагонів з транзитним і місцевим вантажами

$$n_{\text{мп}}^i = U_{\text{зд.вант}} \cdot \theta_{\text{мп}}^i = 8451 \cdot 0,56 = 4733 \text{ ваг.};$$

$$n_{\text{м}}^i = U_{\text{вант}} \cdot \theta_{\text{м}}^i = 1100 \cdot 0,82 = 902 \text{ ваг.}$$

Перевіряємо правильність проведених розрахунків:

$$n_{\text{нав}} = n_{\text{мп}} - n_{\text{ввез}} + n_{\text{вув}} + n_{\text{м}} = 4118 + 595 + 513 + 395 = 5621 \text{ ваг.};$$

$$n_{\text{мп}}^i = n_{\text{мп}} + n_{\text{вув}} = 4118 + 595 = 4713 \text{ ваг.};$$

$$n_{\text{м}}^i = n_{\text{ввез}} + n_{\text{м}} = 513 + 395 = 908 \text{ ваг.};$$

$$n_{\text{нав}} = n_{\text{мп}}^i + n_{\text{м}}^i = 4733 + 902 = 5635 \text{ ваг.};$$

$$n = n_{\text{вант}} + n_{\text{нор}} = 5721 + 1051 = 6782 \text{ ваг.}$$

Визначаємо середньодобові пробіги вагонів:

- загальний - $S = \frac{l}{\theta} = \frac{288,08}{0,7} = 411,5 \text{ км/добу};$
- навантаженого вагона $S_{\text{нав}} = \frac{l_{\text{нав}}}{\theta_{\text{нав}}} = \frac{255,8}{0,6} = 426,3 \text{ км/добу};$

- порожнього вагона $S_{пор} = \frac{l'_{пор}}{\theta'_{пор}} = \frac{135,3}{0,2} = 270,6$ км/добу;

Середньодобові пробіги за видами сполучень:

$$S_{mp} = \frac{l_{mp}}{\theta_{mp}} = \frac{285,3}{0,54} = 528,3 \text{ км/добу};$$

$$S_{ев} = \frac{l_{ев}}{\theta_{ев}} = \frac{129,9}{0,68} = 191,02 \text{ км/добу};$$

$$S_{евв} = \frac{l_{евв}}{\theta_{евв}} = \frac{149,1}{0,72} = 207,08 \text{ км/добу};$$

$$S_{мс} = \frac{l_{мс}}{\theta_{мс}} = \frac{134,9}{1,14} = 118,3 \text{ км/добу};$$

Середньодобові пробіги вагонів з транзитним і місцевим вантажами:

$$S'_{mp} = \frac{l'_{mp}}{\theta'_{mp}} = \frac{272,07}{0,56} = 485,8 \text{ км/добу};$$

$$S'_{мс} = \frac{l'_{мс}}{\theta'_{мс}} = \frac{13,4}{0,82} = 160,2 \text{ км/добу}.$$

Продуктивність вагона:

$$W_{ваг} = S \cdot P_{дин} = 411,5 \cdot 57,4 = 23620,1 \text{ км/добу}.$$

На залізничному транспорті України протягом десятиріччя вживаються різні заходи щодо удосконалення системи управління перевізним процесом на усіх рівнях з урахуванням нових умов функціонування економіки, вдосконалення якості оперативного управління перевезеннями на базі сучасних наукових методів і удосконаленої технології, щоб забезпечити адаптацію системи управління перевізним процесом до ринкових умов, завдяки чому значно підвищиться якість послуг, що надаються користувачам залізничним транспортом.

У системі оперативного управління експлуатаційною роботою підрозділів залізниць важливе місце посідає технічне нормування, яке здійснюється залежно від обсягів перевезень для кожного підрозділу і забезпечує певний рівень використання технічних засобів. Головне завдання технічного нормування - запобігання ускладнень в організації експлуатаційної роботи. Воно є важливим засобом організації експлуатаційної діяльності всіх підрозділів залізниць для виконання перевезень із забезпеченням найменших матеріально-технічних витрат. Незважаючи на значне зменшення обсягів перевізної роботи за період з 1991 р. умови роботи залізничного транспорту постійно ускладнюються. Для покращення експлуатаційних показників роботи наших залізниць в системі управління необхідно ширше використовувати ринкові принципи. Завдяки цьому підвищиться якість обслуговування користувачів залізниць, відповідальність управлінського персоналу за рішення, які він приймає на усіх рівнях, ефективність використання транспортного комплексу і фінансові результати діяльності залізниць у сфері вантажних перевезень.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі магістра виконано системний аналіз вітчизняного і зарубіжного досвіду організації швидкісного руху, інтервального регулювання руху поїздів (ІРПІ). Обґрунтовано концепцію підвищення швидкостей руху пасажирських поїздів та актуальність вирішення цієї проблеми виходячи з геополітичного становища України, її економічного зростання, розвитку внутрішніх і зовнішніх економічних і культурних зв'язків, створенням міжнародних транспортних коридорів (МТК).

Швидкість, блокування (захист) поїздів часом і відстанню розглядаються як провідні транспортні ресурси, щоб забезпечити надійність і безпеку швидкісного руху поїздів. Показана наукова розробленість проблеми, пріоритет вітчизняних вчених, поставлені цілі і завдання дослідження, його теоретичні і методологічні основи, практична значущість, емпірична база, сформульовано об'єкт і предмет роботи.

У загальній системі безпеки руху першорядна роль відводиться не тільки системам тяги для отримання високих швидкостей руху, але і ефективним системам зниження швидкості. Система ІРПІ в режимах швидкісного руху розглядається з позицій зведення до мінімуму випадкових впливів на виконання графікових траєкторій руху. Показано, що стосовно до процесу руху може бути застосована задача оптимального управління, а гальмівний шлях визначений диференціальним управлінням з урахуванням параметра K - константи управління бортової системи автоматичного регулювання при лінійних характеристиках умов задачі і деякої змінної і автоматичного управління.

На основі аналізу практичних графіків руху, розроблено режими руху поїздів в пакеті і показані перехід від стаціонарного режиму до ситуацій збоїв, коли виникають зниження швидкості руху. Точність виконання графікових траєкторій досліджена на підставі використання многочлена Ерміта ступеня K і лінійного диференціального управління, в якому визначено величину відхилення від заданого параметра швидкості.

В роботі передбачений захист одного поїзда від попутно прямуючого в пакеті для підвищення стійкості стаціонарного режиму руху. Вона забезпечується системою ІРРП з резервуванням одним блок-ділянкою (схема ІРРП 5/5) і двома блок-ділянками (схема ІРРП 6/6). Раніше таке резервування в системі ІРРП не передбачалося.

З огляду на те, що на мережі залізниць України та країн СНД в більшості ліній поїзди слідують в загальному потоці (не по спеціалізованим швидкісним коридорам), досліджені втрати швидкості в зв'язку з відхиленнями і переходом від стаціонарного режиму руху попутних поїздів до ситуацій збою, коли поїзди вимушено рухаються на жовті і короткочасно на червоні вогні світлофорів. При зростанні допустимих (нормативних) швидкостей в середньому ці втрати можуть зрости до 60 км / год. Це вказує на актуальність управління виконанням графікових траєкторій по режимним картам і при електронних автоматичних системах - але програмам бортових систем поїздів. Втрати швидкості призводять до втрат ресурсів пропускної здатності.

В роботі розроблено економічні карти «критичних співвідношень», за допомогою яких встановлені зони ефективності систем швидкісного залізничного транспорту. Ці ціннісні регулятори розглянуті з позицій економічної кібернетики, що визначають зміни функціоналу. Запропоновано структуру тарифу по досвіду ціни проїзду в поїздах ІСЕ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Delfosse P. THALYS: a new Supertrain for North West Europe. *European Railway review*. November, 1995. p.25-30.
2. La Grande Vitesse en Europe Centrale et Orientale. *Conference Internationale*. Varsovi, 26-27 April, 1993.
3. Алгебраические методы в теории больших систем (информационных, транспортных, управляющих). Учебное пособие. М.: 1976. 180 с.
4. Апатцев В.И. Оптимизация работы железнодорожных узлов. - *Ж.-д. трансп.*, 1998, №11, с.2-6.
4. Арский Ю.М., Данилов-Данилян В.Ч., Зелиханов М.Ч., Кондратьев К.Я., Котляков В.М., Лосев К.С. Экологические проблемы... Учебное пособие. /Под ред. Данилова-Данильянца. М.: МНЭПУ, 1997. 332 с.
5. Белов И.В., Каплан А.Б. Математические методы в планировании на ж.д. транспорте. М.: Транспорт. 1972. 248 с.
6. Березняцкий Ю.Ф., Бодрунов О.В., Грунтов К.П. Использование математической модели управления движением поездов при определении экономии топливо-энергетических ресурсов. /Сборник научных статей студентов вузов Республики Беларусь. Минск.: 1995, часть 3. с.53-56.
7. Болдырев В.И., Шарафетдинов И.Г., Васекин А.И. АСУ «Магистраль». - *Ж.-д. трансп.*, 1997, №12, с.8-11.
8. Болотин Л.В. Ремонт и текущее содержание пути на высокоскоростной линии. - *Ж.-д. трансп.*, 1995, №3, с.48-52.
9. Бочаров В.И., Нагорский В.А. И др. Высокоскоростной наземный транспорт с линейным приводом и магнитным подвесом. М.: Транспорт, 1985. 279 с.
10. Бусленко Н.П., Калашников В.В., Коваленко Н.И. Лекции по теории сложных систем. М.: Советское радио, 1973. 440 с.
11. Вайсборд Э.М., Жуковский В.И. Введение в дифференциальные игры нескольких лиц и их приложения. М.: «Сов. Радио». 1980. 304 с.
12. Виленкин Н.Я. Метод последовательных приближений. М.: Наука. 1968. 108 с.
13. Витте С.Ю. Принципы железнодорожных тарифов... Санкт-Петербург 1910.
14. Временная инструкция по содержанию и эксплуатации сооружений, устройств и организации движения на участках обращения пассажирских поездов со скоростью 141 - 200 км/ч. М.: МПС. 1984. (утверждена указанием Министра №751 от 20.02.1984г.).
15. Гавриленков А.В., Жабров С.С., Шиварева Е.А. Стратегия формирования и развития сети высокоскоростных сообщений в Европейских государствах СНГ. "Транспортное строительство". 1994, №9-10. с.33-41.

16. Герасимов А.Ю. Особенности работы и перспективы развития железных дорог США. М.: Транспорт: наука, техника, управление. ВИНТИ, 1991, №11. с.30-35.
17. Голинкевич Т.А. Прикладная теория надежности. Учебник для вузов. М.: Высшая школа. 1985. 166 с.
18. Горбатов В.А., Павлов П.Г., Четвериков В.Н. Логическое управление информационными процессами. Под ред. В.А. Горбатова. М.: «Энергоиздат». 1984. 304 с.
19. Грунтов К.П. Корреляционный анализ параметров работы сортировочной горки. ССНР Выпуск 1. БелГУТ, 1996. с.37-42.
20. Грунтов П.С., Бабченко С.А., Кузнецов В.Г. Автоматизированные диспетчерские центры управления эксплуатационной работой. /Под ред. П.С. Грунтова. М.: Транспорт, 1990. 288 с.
21. Грунтов П.С., Дьяков Ю.В., Кочнев Ф.П., Макарович А.М., Седенко А.Я., Сотников Е.А., Шубко В.Г. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте. М.: Транспорт, 1994.
22. Гурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 1999. 479 с.
23. Демидович Б.П., Марон И.А., Шувалова Э.З. Численные методы анализа. Учебное пособие. М.: Высшая школа. 1976. 406 с.
24. Денисов А.А., Камеников Д.Н. Теория больших систем управления. Л.: Энергоиздат, 1982. 288 с.
25. Длин А.М. Математическая статистика в технике. Учебник. М.: Наука. 1958 466 с.
26. Дружинин В.В., Конторов Д.С. Проблемы системологии. Проблемы теории сложных систем. Под ред. акад. В.М. Глушкова. М.: «Сов. Радио». 1976. 296 с.
27. Дьяков Ю.В. Расулов М.Х. Технология перевозок и график движения. - Ж.-д. трансп., 1991, №5, с.7-12.
28. Дьяков Ю.В., Ренерт В. Проблемы организации высокоскоростного движения между Западом и Востоком Европы. - Ж.-д. трансп., 1995, №8, с.24-28.
29. Езекиэл М., Фокс К.А. Методы анализа корреляций и регрессий (линейных и криволинейных), Перевод с англ. М.: «Статистика». 1966. 557 с.
30. Ермаков А.А., Арбатский Е.В. Классификация нечетких структур при решении задач системного анализа для транспортных объектов. ВИНТИ. Транспорт: наука, техника, управление. 2000, №___, с.____.
31. Жабров С.С. Принципы построения сети скоростных трасс. - Ж.-д. трансп., 1991, №3, с.12-14.
32. Железнодорожный вестник. М.: Транспорт, 1991. №1, 85 с.
33. Железнодорожный транспорт. Энциклопедия. М.: Большая Российская энциклопедия. 1994. 559 с.

- 34.Иваненко Г.И., Каштанов В.А., Коваленко Н.Н. Теория массового обслуживания. М.: Высшая школа, 1982. 256 с.
- 35.Иванченко В.Н. Лябах Н.Н., Гуда А.Н. Применение методов регрессионного анализа для моделирования сложных процессов. АТиС. 1985, №5. с. 8-10.
- 36.Иноземцев В.Г. Тормоза подвижного состава. М.: Транспорт. 1979. 422с.
- 37.Иноземцев В.Г., Казаринов В.М., Ясенцев В.Ф. Автоматические тормоза. М.: Транспорт. 1981. 464 с.
- 38.Инструкция по определению станционных и межпоездных интервалов. Издание официальное. Система нормативов. М.: МПС. 1995. 162 с.
- 39.Инструкция по составлению ГДП на сети ж.д. РФ. Москва. 1993. 122 с.
- 40.Информационные технологии на железнодорожном транспорте. Под ред. д.т.н. Э.К. Лецкого, к.э.н. Э.С. Поддавашкина, д.т.н. В.В. Яковлева. Учебник для вузов. М.: МПС. 2001. 608 с.
- 41.Исследование высокоскоростного поезда ЭР 200. труды ВНИИЖТ. М.:Транспорт, 1989. с.1-83.
- 42.Карагодин Н.А. Информационное обеспечение систем управления предприятиями железнодорожного транспорта. М.: Транспорт, 1980. 168 с.
- 43.Каст Х. Упрощенная система АЛСН. Железные дороги мира. 1992, №6. с.33-37.
- 44.Киселев А.Н., Маневич В.А. О минимальном расстоянии между пассажирскими поездами при координатной системе движения. АТиС. 1985, №5. с.5-7.
- 45.Козлов В.Е. Совершенствование методов расчета интервала между поездами. Проблемы разработки ресурсосберегающих технологий в эксплуатации ж.д. Сборник научных работ. М.: РГОТУПС, 2002, вып.2, с.16-25.
- 46.Колесникова Е.И. Информационное обеспечение диспетчерского аппарата в эксплуатационной работе. автореферат диссерт. на соиск. уч. ст. к.т.н. Москва. 24 с.
- 47.Колмогоров А.Н., Журбенко И.Г., Прохоров А.В. Введение в теорию вероятностей. М.: Наука, 1982. 160 с.
- 48.Конарев Н.С. Развитие и интенсификация использования перевозочных мощностей железных дорог в условиях ограниченных капитальных вложений. Диссертация на соискание ученой степени д.т.н. М.: ГАЦ, 1991. 156 с.
- 49.Концепция взаимодействия магистрального транспорта в составе единой транспортной системы России. Доклад президента АТ России на совместном заседании коллегии МПС и Минтранса России. М.: МПС России, 1998. 24 с.
- 50.Концепция формирования и развития сети международных транспортных коридоров на территории государств Содружества. Санкт-Петербург, 2001. 45 с.

51. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике (для научных работников и инженеров). М.: Наука, 1974. 832 с.
52. Крютченко В.Е. Общественная экспертиза проектов высокоскоростного транспорта. М.: Транспорт: наука, техника, управление. ВИНТИ, 2000. №11, с.11-17.
53. Крютченко В.Е. Проблемы скоростного транспорта на пороге 21 века. ВИНТИ. Транспорт: наука, техника, управление. 1966, №1, с.25-36.
54. Кудрявцев В.А. Управление движением на железнодорожном транспорте. СПб.: ПГУПС, 2000. 162 с.
55. Кудряшов В.А., Семенюта Н.Ф. Передача дискретной информации на железнодорожном транспорте. М.: Транспорт. 1986. 295 с.
56. Кузнецов А.П. Методологические основы управления грузовыми перевозками в транспортных системах. М.: ВИНТИ РАН, 2002. 276 с.
57. Куммер П.И., Ковалев А.Т., Коптева Т.В., Аветикян Г.А. Железнодорожная автоматика за рубежом. М.: Транспорт. 1985. 191 с.
58. Ланцош К. Практические методы прикладного анализа. Справочное руководство. Перевод с англ. М.: ГИФМЛ. 1961. 524 с.
59. Лapidус Б.М. Экономические проблемы управления железнодорожным транспортом России в период становления рыночных отношений. М.: Изд. МГУ. 2000. 288 с.
60. Левин Д.Ю. Оптимизация потоков поездов. М.: Транспорт. 1988. 175 с.
61. Лисенко В.М. Статистическая теория безопасности движения поездов. Учебник для вузов. М.: ВИНТИ РАН, 1999. 332 с.
62. Лисенков В.М., Шалягин Д.В. Пути реализации микроэлектронных систем управления движением поездов. АТ и С., 1990, № 3, с.12-15.
63. Лисенков В.М., Шалягин Д.В., Бестемьянов П.В. Принципы построения устройств контроля отечественных микропроцессорных систем логического управления. /Логическое управление с использованием ЭВМ. Орджоникидзе, 1988. с.88-91.
64. Лисенков В.М. Теория автоматических систем интервального регулирования. М.: Транспорт, 1987. 150 с.
65. Лэсдон Л.С. Оптимизация больших систем. М.: Наука. 1975. 439 с.
66. Макарович А.М., Дьяков Ю.В. Использование и развитие пропускной способности железных дорог. М.: Транспорт. 1981. 287 с.
67. Математическая энциклопедия. Под редакцией Виноградова И.М. «Советская энциклопедия» в 5т. 1984.
68. Осиповский С.Л., Белокосов Б.П., Лукьянчиков В.П., Зорин С.Ю. Транспортные средства для высокоскоростных сообщений. - Ж.-д. трансп., 1991, №4, с.7-12.
69. Основные направления развития и социально-экономической политики железнодорожного транспорта на период до 2005 г. М.: Ротапринт МПС, 1996. 70 с.
70. Пазойский Ю.О. Организация пригородных перевозок на железнодорожном транспорте. М.: МИИТ. 1999. 193 с.

71. Персианов В.А., Скалов К.Ю., Усков Н.С. Моделирование транспортных систем. М.: Транспорт, 1972. 208 с.
72. Пешков А.М. Реформирование управления: цели, способы, условия... - Ж.-д. трансп., 1997, №12, с.2-8.
73. Платонов Г.А. Человек за пультом. М.: Транспорт. 1969. 165 с.
74. Применение математики в экономических исследованиях. Под ред. акад. В.С. Немчинова. М.: «СЭЛ». 1959. 486 с.
75. Пфайфер Й. Текущее содержание поездов ICE в депо Нюрнберг. Железные дороги мира. 1995. №6, с.26-31.
76. Ратин Г.С. Информационная система управления перевозочным процессом. М.: Транспорт, 1989. 238 с.
77. Реemtсема К.Д. Вопросы транспортного и технического обеспечения дальних перевозок на немецких железных дорогах. Журнал «Der Eisenbahn ingenieur», 1994, №4. с. 231-232. (перевод с немецкого).
78. Резер С.И., Левицкий С.Е., Маламед И.И. Математические методы оптимального планирования в транспортных системах. Итоги науки и техники. Организация управления транспортом. М.: ВИНТИ, 1990, Том 9. с.72.
79. Резер С.М. Организация управления транспортом. Т.1. М.: 1978. 258 с.
80. Резер С.М. Развитие скоростного пассажирского транспорта. ВИНТИ. Транспорт: наука, техника, управление. 1990, №9, с.20-21.
81. Розанов Ю.А. Случайные процессы. М.: Наука, 1971. 240 с.
82. Рудомазен М.Н., Ромен Ю.С., Космач В.В. Влияние специализации движения по направлениям на взаимодействие подвижного состава и пути. М.: Транспортное строительство. 1994., №10, с.42-50.
83. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. Справочное пособие. М.: Наука. 1971. 192 с.
84. Саати Т. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения. М.: Мир, 1956. 520 с.
85. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В., Христов Х.А., Гавзов Д.В. Методы построения безопасных микроэлектронных систем железнодорожной автоматики. /Под ред. Вл.В.Сапожникова. М.: Транспорт, 1955. 272 с.
86. Скоростные железные дороги Японии (Синкансен). М.: Транспорт. 1984. 199 с.
87. Смелов В.Н. Тормозные системы для высокоскоростных поездов и вагонов метрополитенов. -Ж.-д. трансп., 2001, №10 с.50-51.
88. Смехов А.А. Маркетинговые модели транспортного рынка. М.: Транспорт. 1998. 199 с.
89. Смирнов П.С., Щербанин Ю.А. Экономические отношения России со странами Центральной и Восточной Европы. М.: Научная жизнь, 1998. 206 с.
90. Соболев Н.М. Метод Монте-Карло. М.: Наука. 1968. 64 с.

91. Сотников Е.А. Исторические этапы и перспективы развития мирового и российского железнодорожного транспорта (1800-2100 годы). Учебное пособие. РГОТУПС, 1997. 61 с.
92. Сотников Е.А. Проблемы отечественного скоростного движения. - Ж.-д. трансп., 1991, №3, с.10-12.
93. Справочник по надежности. Т.1, Т.2, Т.3. Перевод с англ. М.: «МИР». 1969. с. 326; 261; 304.
94. Теоретическая экономика. Политэкономия. Учебник. /Под ред. Журавлевой Г.Л., Мильчановой Н.И. М.: Издательское объединение ЮНИТИ, 1997. 485 с.
95. Теория статистики. Учебник. Под редакцией проф. Громыко Г.Л. М.: Инфра-М. 2000. 414 с.
96. Тихомиров И.Г. Организация движения на железнодорожном транспорте. Минск.: Вышэйшая школа, 1969. 488 с.
97. Тулупов Л.П., Жуковский Е.М., Гусятинер А.М. Автоматизированные системы управления перевозочными процессами на железных дорогах. М.: Транспорт, 1991. 208 с.
98. Угрюмов А.К., Грачев Л.П. Как определить оптимальный межпоездной интервал? - Ж.-д. трансп., 1989, №2, с.20-21.
99. Фадеев Г.М. Перспективы высокоскоростных железных дорог. Бюллетень ОСЖД. 1992, №1, с.9-13.
100. Фадеев Г.М. Перспективы скоростного транспорта в СССР. - Ж.-д. трансп., 1991, №5, с.8-9.
101. Филонов А.Н. Основы сверхпроводимости и ее применение для транспортных систем с магнитным подвешиванием и линейными электродвигателями. Учебное пособие. М.: МИИТ. 2001, 160 с.
102. Фролов К.В., Резер С.М. Транспортная система мира и проблема окружающей среды. М.: 1994.
103. Фурасов В.Д., Поносов Ю.К., Прунцева Л.Я. Анализ динамики транспортных систем США и стран Западной Европы. Ежегодный бюллетень статистики транспорта для Европы и Северной Америки. Европейская экономическая комиссия, Женева - Нью-Йорк. Женева. ООН, 1987-1997г.г.
104. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков. М.: Мир. 1966. 286 с.
105. Хорафас Д.Н. Системы и моделирование. Перевод с англ. М.: «МИР». 1967. 420 с.
106. Черномордик Г.И. Повышение скорости движения поездов. М.: Транспорт. 1964. 289 с.
107. Черчмен У., Акоф Р., Арноф Л. Введение в исследование операций. Перевод с англ., М.: Наука. 1968. 488 с.
108. Чуев С.Г. Микропроцессорные системы управления и диагностики. - Ж.-д. трансп., 2001, №10, с.52-53.
109. Ширяев А.Н. Статистический последовательный анализ. Оптимальные правила остановки. М.: Наука. 1966. 232 с.

110. Шишков А.Д., Аверкин В.А., Белозеров В.Л. Маркетинговые исследования рынка пассажирских перевозок. - Ж.-д. трансп., 1996, №3, с.56-60.
111. Шкапич С.И. Совершенствование системы управления эксплуатационной работой в железнодорожных узлах. Автореферат дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н. М.: ВНИИЖТ. 1992. 26 с.
112. Шкапич С.И., Грунтов П.С. Автоматизированные логистические центры. - Ж.-д. трансп., 1988, №9, с.43-47.
113. Шостак Р.Я. Операционное исчисление. Учебное пособие. изд. 2-ое. М.: Высшая школа. 1972. 280 с.
114. Штофф В.А. Моделирование как гносеологическая проблема. в кн. Диалектика и логика научного познания. М.: Наука, 1966. 331 с.